UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

MARIA EUNICE LIMA ROCHA

AÇÃO DO ÁCIDO SALICÍLICO NAS CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. **E** *Cedrela fissilis* VELL.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ
2018

MARIA EUNICE LIMA ROCHA

AÇÃO DO ÁCIDO SALICÍLICO NAS CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. **E** *Cedrela fissilis* VELL.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Dr. Ubirajara Contro Malavasi

Coorientador: Dra. Marlene de Matos Malavasi e Dra. Danielle Acco Cadorin de Fraga

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Rocha, Maria Eunice Lima Rocha
Ação do ácido salicílico nas características morfofisiológicas e bioquímicas em mudas de Schinus terebinthifolius Raddi. e Cedrela fissilis Vell. / Maria Eunice Lima Rocha Rocha; orientador(a), Ubirajara Contro Malavasi Malavasi; coorientador(a), Marlene de Matos Malavasi Malavasi, coorientador(a)II, Danielle Acco Cadorin de Fraga Fraga, 2018.
168 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

1. Ácido salicílico . 2. Eficiência fotossintética. 3. Estresse hídrico. 4. Metabolismo do Nitrogênio. I. Malavasi, Ubirajara Contro Malavasi. II. Malavasi, Marlene de Matos Malavasi. III. Fraga, Danielle Acco Cadorin de Fraga. IV. Título.

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

MARIA EUNICE LIMA ROCHA

Ação do ácido salicílico nas características morfofisiológicas e bioquímicas em mudas de Schinus terebinthifolius Raddi. e Cedrela fissilis Vell.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Ubirajara Contro Malavasi
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Marlene de Matos Malavasi
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

João Alexandre Lopes Dranski
Faculdade Educacional de Medianeira (FACEMED)

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2018

A todas as crianças que sofreram e continuam sofrendo neste mundo marginal, em especial as crianças Sírias, que elas encontrem paz e consolo em meio à guerra. Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora pelo cuidado, amor e força em meio a minha fragilidade.

A minha amada mãe, Terezinha, minha razão de viver e a quem dedico todas as vitórias. Obrigada pelo colo e o carinho que afaga, te amarei em todas as minhas vidas.

Aos meus padrinhos e pai que me apoiaram, não apenas financeiramente, mas emocionalmente, eu amo vocês.

Aos demais familiares que sempre ajudaram no que foi possível, com amor ou apenas com uma ligação para amenizar o peso da distância, destaque ao meu pequeno amor, Guilherme, a titia te ama para sempre, você foi um presente lindo para o meu coração e preencheu o espaço que faltava.

As minhas avós Maria (*in memoriam*), Severina (*in memoriam*) e Eunice pelo carinho, educação e mimos, vocês ajudaram na minha construção e consolidação como pessoa e espero me tornar, pelo menos em parte uma mulher tão incrível quanto vocês.

A família Barbosa que escolheu e me acolheu, tenho muito amor por vocês, em especial, minha pequena princesa Aninha, que me completa de uma forma inacreditável e me retribui todos os dias o amor que tenho por ela.

Aos meus amigos, Marlon Ávila e Junior Milomes, pelo apoio, cuidado e conselhos, nos dias bons e ruins, vocês me fazem melhor.

As melhores companheiras de vida, Fernanda Ludmyla e Mayra Abade, vocês me apoiaram em tantos momentos que fica difícil agradecer. Além do mais, esses últimos anos foram muito importantes para o amadurecimento e fortalecimento desse laço tão lindo que estabelecemos ao longo dos anos. Eu amo vocês.

As pessoas que encontrei e reencontrei nessa nova fase e me ajudaram tanto, Pablo Coutinho, Iza Layana, Soraia Fortado, Daniela Herrmann, Guilherme Bazarin, Jefferson Vorpagel, Tatiane Chiapetti, Luanna Rinaldi, Jaqueline Barbosa, Ana Ristau, Andressa Natacha e Isabella Lagemann.

Gostaria de destacar alguém que me mostrou que sentimentos podem surgir nos momentos mais improváveis e que sempre podemos contar com uma segunda oportunidade para reconhecer e reaprender sobre as pessoas, Luiz Paulo, obrigada por seu carinho e cuidado, saiba que a afeição é reciproca.

Aos demais amigos que não irei citar neste momento, mas que sempre estão comigo, fisicamente ou em pensamentos.

Ao meu orientador Ubirajara Contro Malavasi, ao qual tenho grande admiração e respeito, pela ajuda durante esse período, confiança e todo conhecimento repassado, serei eternamente grata pelos desafios e por cada experiência que obtive sob sua supervisão.

As minhas coorientadoras Marlene de Matos Malavasi e Danielle Acco Cadorin de Fraga, obrigada pelas sugestões e apoio durante a realização da dissertação.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e seu corpo docente por todo conhecimento repassado e experiência adquirida ao longo desses dois anos.

As pessoas que me apoiaram durante esses anos, em especial a Neusa, que sempre foi muito prestativa e companheira, ao João Dranski pelas orientações, Leila e Marciane, que não pouparam esforços para ajudar sempre que necessário. Vocês têm minha admiração e gratidão.

Ao Laboratório de Estudo da Biodiversidade em Plantas Superiores (EBPS) da Universidade Federal Rural da Amazônia pela ajuda com as análises laboratoriais, em particular ao professor Cândido e as orientadas Jéssica e Diana.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento desse projeto, meus sinceros agradecimentos!

"Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota".

Madre Teresa de Calcuta

"É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota."

Theodore Roosevelt

"As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos".

Paulo Beleki

"É preciso exigir de cada um o que cada um pode dar.."

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

ROCHA, M. E. L, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2018. **Ação do ácido salicílico nas características morfofisiológicas e bioquímicas em mudas de** *Schinus terebinthifolius* Raddi. **e** *Cedrela fissilis* Vell. Orientador: Dr. Ubirajara Contro Malavasi. Coorientadoras: Dra. Marlene de Matos Malavasi e Dra. Danielle Acco Cadorin de Fraga.

O estudo objetivou avaliar as alterações morfológicas e fisiológicas em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em resposta ao uso de ácido salicílico. Adicionalmente foi determinado as respostas bioquímicas quando mudas foram submetidas à deficiência hídrica, após a aplicação do regulador. A pesquisa foi realizada em duas etapas, inicialmente, doses de ácido salicílico (0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}) foram aplicadas em mudas de cedro e aroeira, semanalmente por 2 meses. Os parâmetros avaliados após a aplicação do ácido consistiram dos incrementos em altura, no diâmetro, massa de matéria seca de raízes e parte aérea, área foliar das mudas, perda de eletrólitos, teor de lignina nas raízes e caule, compostos fenólicos, pigmentos clorofilianos e trocas gasosas. Após esse período as mudas, com 7 meses de idade, anteriormente em tubetes foram transplantadas para vasos de 5 litros, preenchidos com uma mistura de solo local e húmus na proporção de 3:1 e submetidas a suspensão hídrica. O delineamento experimental foi arranjado em parcelas subdivididas e constituído de 4 doses de ácido salicílico, 4 tempos de estresse e 3 repetições. As avaliações realizadas constaram dos teores de nitrato, amônio livre, aminoácidos e proteínas solúveis totais, prolina, glicina-betaína, amido, carboidratos, sacarose, conteúdo relativo de água e pigmentos clorofilianos. Em mudas de *Schinus terebinthifolius* a dose de 300 mg L^{-1} resultou em maior equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular. Para primeira parte do experimento, a altura, massa de matéria seca da parte aérea e raiz e área foliar reduziram, o diâmetro e o teor de lignina, no entanto, aumentaram em função da evolução das doses do ácido salicílico. Para as plantas de *Cedrela fissilis*, doses menores foram capazes de modificar características de qualidade de interesse, pois são mais sensíveis às variações do meio e, por isso, doses mais altas intensificaram o efeito do estresse. A dose de 300 mg L^{-1} do ácido salicílico aumentou os conteúdos de compostos fenólicos, perda de eletrólitos e lignina e por isso não seria recomendada, pois pode gerar desiquilíbrio no conteúdo celular. Nas mudas de *Cedrela fissilis* a dose de 200 mg L^{-1} resultou em maior fixação de CO_2 por molécula de água perdida e neste sentido, o aumento nas doses de ácido salicílico melhorou a eficiência fotossintética, porém o aproveitamento de água foi menor. Assim, para ambas as espécies doses mais baixas são mais recomendadas, pois deve existir um equilíbrio entre a quantidade fixada de CO_2, ou seja, quanto à planta gera de fotoassimilados e a quantidade de água perdida, a fim de não gerar um

potencial negativo no metabolismo vegetal. Os metabolismos de nitrogênio e carbono foram modificados quando houve intensificação dos dias de estresse e aplicação de ácido salicílico, porém, das avaliações realizadas o CRA foi o maior influenciador da variação existente nos solutos compatíveis, pois a estratégia é equilibrar o conteúdo de água em função da alteração do componente osmótico das células.

Palavras-chave: Compostos fenólicos. Intensificação. Potencial. Qualidade.

ABSTRACT

ROCHA, M. E. L, State University of Western Paraná, in February 2018. **Action of salicylic acid on the morphophysiological and biochemical characteristics in seedlings of** *Schinus terebinthifolius* **Raddi. and** *Cedrela fissilis* **Vell.** Advisor: Dr. Ubirajara Contro Malavasi. Co-Advisors: Dra. Marlene de Matos Malavasi e Dra. Danielle Acco Cadorin de Fraga.

The study aimed to evaluate the morphological and physiological changes in seedlings of *Schinus terebinthifolius* and *Cedrela fissilis* in response to the use of salicylic acid. In addition, biochemical responses were determined when seedlings were submitted to water deficiency, after the application of the regulator. The research was performed in two stages, initially, doses of salicylic acid (0, 100, 200 and 300 mg L^{-1}) were applied in cedar and aroeira seedlings, weekly for 2 months. The parameters evaluated after the application of the acid consisted of the increases in height, diameter, dry mass of roots and shoot, leaf area of the seedlings, loss of electrolytes, lignin content in roots and stem, phenolic compounds, chlorophyll pigments and gas exchange. After this period, the 7-month-old seedlings previously in tubes were transplanted into 5-liter pots, filled with a mixture of local soil and humus in the proportion of 3: 1 and submitted to water suspension. The experimental design was arranged in subdivided plots and consisted of 4 doses of salicylic acid (0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}), 4 times of stress (0, 4, 8 e 12 days) and 3 replicates. The evaluations were the contents of nitrate and free ammonium content, total soluble amino acids, proteins, proline, glycine betaine, starch, total soluble carbohydrates, sucrose, relative water content and chlorophyll pigment content. Nitrogen and carbon metabolism were altered as a function of days of stress and salicylic acid application, in addition, it was observed that CRA was the major influent of the variation in compatible solutes, based on the fact that, due to the imbalance the osmotically adjusts the cellular content. In *Schinus terebinthifolius* seedlings the 300 mg L^{-1} dose resulted in a higher balance between shoot and root system. For the first part of the experiment, the height, dry matter mass of shoot and root and leaf area reduced, the diameter and the lignin content, however, increased as the doses of salicylic acid evolved. *Cedrela fissilis* plants, smaller doses were able to alter quality characteristics of interest, because they are more intensely reduced in the middle and, therefore, higher doses intensify the effect of stress. The dose of 300 mg L^{-1} of salicylic acid increased the contents of phenolic compounds, loss of electrolytes and lignin and therefore would not be recommended as it may generate imbalance in cellular content. In the *Cedrela fissilis* seedlings the 200 mg L^{-1} dose resulted in higher CO_2 fixation per molecule of water lost and in this sense, the increase in salicylic acid doses improved the photosynthetic efficiency, but the water use was lower.

Therefore, for both species, lower doses are more recommended because there must be a balance between the fixed amount of CO_2, that is, the plant generated photoassimilates and the amount of water lost, in order not to generate a negative potential in the plant metabolism. The nitrogen and carbon metabolism were modified when stress days intensified and salicylic acid was applied, but the CRA was the major influence of the variation in compatible solutes, since the strategy is to balance the water content in function of the osmotic component of the cells.

Keywords: Phenolic compounds. Intensification. Potential. Quality.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1- Valores de temperatura e média da umidade relativa do ar durante o experimento realizado com *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em estufa 39

Figura 2- Curva padrão para a determinação da concentração de compostos fenólicos 42

Figura 3- Incremento em altura (IA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico 45

Figura 4- Incremento em diâmetro (ID) em mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico 46

Figura 5- Área foliar (AF) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico 47

Figura 6- Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico 49

Figura 7- Massa de matéria seca da raiz (MMSR) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico 50

Figura 8- Perda de eletrólitos (PE) em raízes de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico 52

Figura 9- Compostos fenólicos (CF) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico 54

Figura 10- Teor de lignina em caules (A) e raízes (B) em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico 57

Figura 11- Teor de lignina em raízes mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico 58

CAPÍTULO II

Figura 1- Valores de temperatura e média da umidade relativa do ar durante o experimento realizado com *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em estufa 72

Figura 2- Teor de clorofila *a* e clorofilas totais em mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico 76

Figura 3- Concentração interna de CO_2 (CI) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico 78

Figura 4- Condutância estomática (g_s) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico 80

Figura 5- Transpiração (E) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico 82

Figura 6- Eficiência do uso de água (EUA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico 83

Figura 7- Eficiência intrínseca do uso de água (EiUA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico 84

CAPÍTULO III

Figura 1- Croqui da área experimental de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em ambiente protegido 101

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1- Composição da solução nutritiva para adubação de mudas 39

CAPÍTULO II

Tabela 1- Composição da solução nutritiva para adubação de mudas 73

CAPÍTULO III

Tabela 1- Descrição da mistura 1 de reação para determinação de nitrato para o volume de uma amostra 105

Tabela 2- Descrição da mistura 2 de reação para determinação de nitrato para o volume de uma amostra 105

Tabela 3- Descrição da solução 1 de reação para determinação de amônio para o volume de uma amostra 106

Tabela 4- Descrição da solução 2 de reação para determinação de amônio para o volume de uma amostra 106

Tabela 5- Descrição da solução 1 de reação para determinação de aminoácidos solúveis totais para o volume de uma amostra 108

Tabela 6- Descrição da solução 2 de reação para determinação de aminoácidos para o volume de uma amostra 108

Tabela 7- Descrição da mistura de reação para determinação de prolina para o volume de uma amostra 109

Tabela 8- Conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 111

Tabela 9- Conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 112

Tabela 10- Teor de clorofila *a* em mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 113

Tabela 11- Teor de amido em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 116

Tabela 12- Teor de amido em raízes de mudas de *Schinus* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 117

Tabela 13- Teor de amido em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 118

Tabela 14- Teor de sacarose em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 120

Tabela 15- Teor de sacarose em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 121

Tabela 16- Teor de sacarose em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 122

Tabela 17- Teor de nitrato em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 124

Tabela 18- Teor de amônio livre em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 125

Tabela 19- Teor de amônio livre em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 127

Tabela 20- Teor de amônio livre em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 128

Tabela 21- Teor de proteínas em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 129

Tabela 22- Teor de proteínas em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 130

Tabela 23- Teor de aminoácidos em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 131

Tabela 24- Teor de prolina em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 132

Tabela 25- Teor de prolina em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 134

Tabela 26- Teor de glicina betaína em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 135

Tabela 27- Teor de glicina betaína em folhas de mudas de *Cedrela* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico 137

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 1

1.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES 1

1.2 QUALIDADE DE MUDAS 2

1.3 RESPOSTAS DAS PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO 4

1.4 ÁCIDO SALICÍLICO NA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA DOS VEGETAIS 6

1.5 EFEITO DOS REDULADORES VEGETAIS E ESTRESSE HÍDRICO NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA 8

1.6 METABOLISMO DO NITROGÊNIO E CARBONO NO AJUSTE OSMÓTICO EM PLANTAS SOB DÉFICIT HÍDRICO 9

1.7 PERDA DE ELETRÓLITOS 13

1.8 COMPOSTOS FENÓLICOS 13

1.9 LIGNIFICAÇÃO EM TECIDOS VEGETAIS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS 14

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 16

2 CAPÍTULO I- ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS EM MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. E *Cedrela fissilis* VELL. APÓS A APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO 33

2. 1 RESUMO 33

2.2 ABSTRACT 34

2.3 INTRODUÇÃO 36

2.4 MATERIAL E MÉTODOS 38

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 43

2.6 CONCLUSÃO 58

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

3 CAPÍTULO II- EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA EM MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. E *Cedrela fissilis* VELL. APÓS A APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO 67

3.1 RESUMO 67

3.2 ABSTRACT 68

3.3 INTRODUÇÃO 70

3.4 MATERIAL E MÉTODOS 72

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 74

3.6 CONCLUSÃO 85

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

4 CAPÍTULO III- METABOLISMO DO CARBONO E NITROGÊNIO EM *Schinus terebinthifolius* RADDI. E *Cedrela fissilis* VELL. APÓS APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO PARA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA EM MUDAS SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO 94
4.1 RESUMO 94
4.2 ABSTRACT 95
4.3 INTRODUÇÃO 97
4.4 MATERIAL E MÉTODOS 100
4.4.1 Condução do experimento 100
4.4.2 Delineamento experimental 100
4.4.3 Análises 101
4.4.3.1 Conteúdo relativo de água (CRA) 102
4.4.3.2 Pigmentos fotossintetizantes 102
4.4.3.3 Amido 103
4.4.3.4 Carboidratos solúveis totais 103
4.4.3.5 Sacarose 104
4.4.3.6 Nitrato (NO_3^-) 105
4.4.3.7 Amônio livre (NH_4^+) 106
4.4.3.8 Proteínas solúveis totais 107
4.4.3.9 Aminoácidos solúveis totais 107
4.4.3.10 Prolina 108
4.4.3.11 Glicina-betaína 109
4.4.4 Análise dos dados 110
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 110
4.6 CONCLUSÃO 137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 139
CONSIDERAÇÕES FINAIS 150

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi. é uma árvore nativa, não endêmica do Brasil, oriunda do Peru, pertencente a família das Anacardiaceae, conhecida como aroeira-vermelha ou pimenteira-rosa. Dentre as principais características apresenta pioneirismo, rusticidade e grande plasticidade fenotípica, e por isso possui grande potencial de utilização em programas de reflorestamentos ambientais e recuperação de áreas degradadas (RIBAS et al., 2006).

A espécie é muito encontrada no litoral brasileiro e sua distribuição é mais frequente entre Pernambuco e Rio Grande do Sul (GILBERT; FAVORETO, 2011; CARVALHO et al., 2013).

Devido sua grande plasticidade fenotípica pode ser encontrada por todo o Brasil, tanto em terrenos secos quanto úmidos, solos profundos e rasos, ao nível do mar ou a 2000 m de altitude e em várias formações vegetais. Quanto à exigência luminosa é classificada como heliófila e não tolerante a sombra (LENZI; ORTH, 2004; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ; PRADO, 2005).

O caule de *Schinus terebinthifolius* pode ser utilizado para construção de móveis, como carvão e lenha, o óleo essencial presente nos frutos e folhas na indústria culinária como: temperos e vinagre. Ademais é utilizada como medicamentos, bebidas e na fabricação de perfumes (KHALED et al., 2009).

A espécie em questão apresenta diversas atividades terapêuticas, dentre elas, antiinflamatórias, antifúngica, antibacteriana, além de apresentar uma alternativa para a produção de antibióticos que podem promover o crescimento dos vegetais (COSTA et al., 2010; FREIRES et al., 2011; SILVA et al., 2011; GONÇALVES et al., 2012). Recentemente foi aprovada pelo Sistema Único de Saúde e Agência Nacional de Vigilância para ser utilizada como medicamento de uso comercial (BULLA et al., 2015).

As mudas de aroeira-vermelha apresentam desenvolvimento rápido no campo, podendo alcançar 1 metro de altura antes dos 2 anos de idade. A espécie pode ser retirada do viveiro entre 90 a 120 dias após serem semeadas, pois é pouco exigente e não apresenta muitos problemas adaptativos (CARVALHO et al , 2013).

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. popularmente conhecida como cedro ou cedro rosa pertence a família Meliaceae e apresenta ampla distribuição pelo país, porém é mais frequente

na faixa entre Rio Grande do Sul e Minas Gerais (SAKURAGUI; STEFANO; CALAZANS, 2013).

O cedro é encontrado principalmente nas florestas semideciduais e pluvial atlântica, porém pode se desenvolver em áreas nos estádios inicial e médio de regeneração, atingindo grande porte em estádios avançados da sucessão (JARENKOW; BUDKE, 2009).

A espécie é considerada estruturante do dossel, podendo alcançar mais de 20 metros de altura. É largamente empregada em projetos paisagísticos e sua madeira tem diversos usos. Além disso, é muito importante na composição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas para a conservação, entretanto, não é recomendada em composições homogêneas (LELES et al., 2006).

A madeira de *Cedrela fissilis* apresenta grande interesse no mercado externo e interno e por conta da exploração inadequada permaneceu por anos sendo listada como espécie ameaçada de extinção e apesar de não ser citada nas ultimas pesquisas ainda continua sendo considerada madeira protegida por lei (SANTOS et al, 2009).

1.2 QUALIDADE DE MUDAS

Nos últimos anos vem aumentando a preocupação mundial com relação ao ambiente e a demanda por mudas de qualidade e em quantidade satisfatória, principalmente no que tange as espécies utilizadas para restauração de áreas degradadas e projetos de reflorestamentos, pois estas podem gerar serviços ambientais, ecológicos, sociais e econômicos (DANTAS et al., 2009; KELER et al., 2009; FERRAZ; ENGEL, 2011; SANTOS et al., 2012).

As plantas podem ser afetadas por inúmeros estresses na fase inicial, dentre estes, pode-se citar, o hídrico, luminoso, térmico, entre outros e por isso, o manejo deve ser criterioso e práticas para melhorar o desenvolvimento devem ser utilizadas, a fim de reduzir as perdas por competição intra e interespecífica, pois nesta fase, a planta deve conseguir estabelecer uma relação entre o solo e o sistema radicular garantindo sua permanência e crescimento no meio em que for inserida (FIGUEIREDO et al., 2011).

Neste sentido, algumas práticas podem ser incrementadas ao manejo no viveiro, com o objetivo de melhorar o desempenho das mudas, induzindo tolerância e aclimatando-as para as condições que irão enfrentar a campo, além de obter maior uniformização do plantio (D'AVILA et al., 2011).

A aclimatação é definida como alterações fisiológicas ou morfológicas nas plantas com a finalidade de tolerar estresses provenientes do transporte, manejo, plantio e pós-plantio (FERRARI; SHIMIZU, 2005; JACOBS; LANDIS, 2009).

Interessante destacar, que nessa fase, a energia que seria utilizada para o crescimento da parte aérea é redirecionada para a raiz, órgão de reserva da planta, a fim de equilibrar o sistema como um todo, resultando em acúmulo de fotossintatos e consequentemente engrossamento e aumento da massa seca das raízes, posteriormente, em condições adequadas, a planta redistribui essa energia seguindo a relação fonte-dreno preferencial (JACOBS; LANDIS, 2009).

Nesta fase o viveirista estabelece ou induz os diferentes tipos de atributos que qualificam as plantas para tolerar os mais variados fatores limitantes em um local específico de plantação, alterando características de interesse, dentre elas, altura, lignificação, diâmetro, relação da biomassa entre parte aérea e sistema radicular, além de características fisiológicas e bioquímicas. Desta forma, as falhas que ocorrem podem acarretar em plantas mal preparadas para as condições do local de plantio (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010).

Os mesmos autores conceituaram ainda que alterações morfofisiológicas podem ser moduladas, a fim de selecionar características que ajudarão na aclimatação ou adaptação das mudas quando expostas a condições estressantes e esse conceito foi definido como muda alvo.

Quando as mudas são levadas ao campo e apresentam boas características morfofisiológicas há redução de custos operacionais, além de melhorar a sobrevivência e desenvolvimento das mudas, implicando em um plantio mais uniforme e com poucas falhas, isso será resultado de um conjunto de práticas que visam preparar as mudas para as condições estressantes (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010; PEZZUTTI; CALDATO, 2011).

O conjunto desses atributos é denominado qualidade de muda e é resultante da interação entre numerosas características, sejam estas fisiológicas ou morfométricas que condicionam o desenvolvimento das plantas, porém cada prática irá variar com o ambiente, pois uma planta adequada para um determinado local ou período pode não ser apropriada para outra, entretanto esse conceito é relativo, pois muitos dos parâmetros quantificados são subjetivos (GOMES et al., 2002; DAVIS; JACOBS, 2005; FIGUEIREDO et al., 2011).

Assim, a produção de mudas resistentes ou tolerantes ajuda nas adversidades que estas irão enfrentar após o plantio e várias práticas podem ser utilizadas, entre eles, o uso de diferentes regimes de luz e temperatura, redução na frequência de regas e fertilização, poda da raiz ou da parte aérea, além do uso de estímulo mecânico e químico, por meio do uso de

reguladores vegetais (BAÑON et al., 2006; ROSSI; AMARANTE; FLEIG, 2008; JACOBS; LANDIS, 2009; ORO et al., 2011; VOLKWEIS et al., 2014; DRANSKI, et al., 2015).

As características fenotípicas são dependentes da genética, procedência das matrizes, condições ambientais, métodos e técnicas de produção, regime de crescimento e espécie utilizada e essas variações irão alterar a qualidade das mudas (DEL CAMPO et al., 2010; DAVIS; JACOBS, 2005).

Cabe ressaltar, que a qualidade da planta está intimamente ligada ao desenvolvimento e crescimento da muda. Assim, se houverem boas condições ou estratégias para melhorar a resistência nesta fase, estas terão melhor chance de sobrevivência e, consequentemente de se desenvolverem nas fases seguintes. ´

1.3 RESPOSTAS DAS PLANTAS AO ESTRESSE HÍDRICO

Dos recursos que as plantas necessitam para se desenvolver, a água é o mais importante e também o mais limitante, pois sua disponibilidade pode afetar diversos processos metabólicos, resultando assim na produtividade de ecossistemas naturais, demonstrando grandes diferenças no tipo de vegetação que se desenvolve ao longo de gradientes de precipitação (GUEDES et al., 2013; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Este estresse é um dos mais estudados, isso porque essa condição irá limitar fortemente o crescimento, sobrevivência e produtividade das plantas.

O termo estresse hídrico é caracterizado como um fator externo, que exerce influência negativa sobre a planta, caracterizada por uma condição de adversidade fisiológica em que o vegetal não exprime o seu potencial genético, ocorrendo uma diminuição de produtividade e possível redução da capacidade metabólica da espécie, podendo levar a planta a atingir o ponto de murcha permanente e consequentemente levando-as a morte (RODRIGUES et al., 2011).

Plantas submetidas ao déficit hídrico podem alterar os processos fisiológicos, dificultando o desenvolvimento normal das plantas, além de ativar mecanismos de defesa ligados à produção de compostos provenientes do metabolismo secundário. As respostas ao estresse serão influenciadas pela intensidade, duração do déficit hídrico, condições climáticas e edáficas (OH; TRICK; RAJASHEKAR, 2009; SPREER; ONGPRASERT; HEGELE, 2009; SAINT PIERRE et al., 2012; DRIEVER; KROMDIJ; WILL, 2013).

A deficiência de água irá resultar em disfunções biológicas, como uma forma de equilibrar o sistema solo-planta-atmosfera, resultando em redução no turgor da célula,

diminuição da atividade fotossintética, condutância estomática e danos celulares (JANDA et al., 2007; MUNNS et al, 2011; FILIPPOU et al., 2014).

A falta de água pode desencadear respostas morfológicas ou fisiológicas e assim, alterar a rusticidade das mudas, dentre as modificações observa-se alterações na condutância estomática, assimilação líquida de carbono e como consequência, a redução no crescimento da parte aérea e sistema radicular nessa situação (BAÑON et al., 2006; VILLAR-SALVADOR; PEÑUELAS; JACOBS, 2013).

Mecanismos são ativados em resposta aos estresses, dentre eles o ajuste osmótico que tem a função de manter a turgência celular e assim, maximizar o aproveitamento de água presente no solo (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

Esses ajustadores são a prolina, glicina-betaína, sacarose, poliaminas, manitol, pinitol, dentre outros e se acumulam no vacúolo ou no citosol, preservando a integridade das proteínas, enzimas e membranas celulares por curto período de tempo (ASHRAF et al., 2011).

O metabolismo normal das plantas não é afetado negativamente pelo acúmulo desses solutos e as principais alterações serão a pressão osmótica das células, garantindo a continuidade dos processos fisiológicos, porém de forma mais lenta (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

Um fator interessante a ser levado em consideração é a velocidade da imposição do estresse, pois dependendo desse fator a intensidade das respostas serão maiores ou não. Quando ocorrem rapidamente os mecanismos são intensamente modificados, podendo levar a morte das plantas. Porém se essa condição é estabelecida gradualmente, a planta ativa mecanismos que irão atuar na tolerância ou adaptação das mesmas (TATAGIBA et al., 2007; CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; LOPES et al., 2011).

Os mesmos autores discutem que as respostas são diversas, dentre elas, redução no crescimento, diminuição no tamanho das folhas e senescência foliar, aclimatando as plantas a condições especificas a fim de reduzir a perda de água e melhorar o aproveitamento.

A aclimatação ao estresse hídrico pode levar a respostas envolvendo a expressão de genes e a modificações fisiológicas e bioquímicas das plantas, surgindo de dias até semanas, o que leva a uma compensação homeostática para os efeitos negativos iniciais do estresse hídrico na fotossíntese (FLEXAS et al., 2009).

Resultante dessas alterações haverá um reequilíbrio celular, além da proteção funcional e estrutural das plantas, conferindo assim maior tolerância ou resistência aos estresses, estes mecanismos, no entanto, irão depender da espécie, tempo de exposição às

condições adversas, fatores edafoclimáticos, entre outros (NASCIMENTO et al, 2011; LISAR et al., 2012).

Entretanto, apesar da importância desse fator no desenvolvimento de mudas, na maioria dos viveiros florestais brasileiros, o manejo hídrico é determinado de forma empírica, neste sentido, muitas vezes a quantidade de água pode ser sub ou superestimada, culminando em má formação de mudas (SILVA; SILVA, 2015).

Assim, em estudos desenvolvidos por Mazzuchelli, Souza, e Pacheco. (2014) em *E. urophylla* x *E. grandis* observou-se que o ácido salicílico pode melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto em condições normais quanto sob estresse hídrico, melhorando as características morfofisiológicas e da qualidade de mudas.

1.4 ÁCIDO SALICÍLICO NA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA DOS VEGETAIS

Os fitohormônios ou hormônios vegetais são substâncias que atuam em diversas fases do desenvolvimento e crescimento das plantas e em pequenas concentrações, geralmente, em torno de 1,0 μmol L^{-1} podem modificar as características morfológicas, fisiológicas, florescimento, germinação, senescência e abscisão foliar, além de atuar na tolerância das plantas contra estresses, altas concentrações, no entanto, pode intensificar o efeito dos estresses (LOPEZ; CHAUHAN; JOHANSEN, 2008; VIEIRA et al., 2010; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os hormônios podem ser encontrados nas mais diversas partes das plantas, além de serem transportados para outros órgãos e tecidos a fim de manter o equilíbrio hormonal no vegetal, porém a ação hormonal nem sempre irá ocorrer no local de síntese e por isso essas substâncias precisam ser móveis nos tecidos condutores (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

A resposta à ativação hormonal é variável e irá depender da fase de desenvolvimento da espécie, partes dos vegetais, interação entre os hormônios, além de ser influenciada pelas condições edáficas e climáticas (SALISBURY; ROSS, 2012).

As plantas produzem substâncias em condições normais, porém em situações de estresse esses níveis são incrementados a fim de restituir o equilíbrio dos vegetais. A produção hormonal pode ser afetada por vários fatores, sejam estes intrínsecos ou extrínsecos as plantas e por isso, em determinadas situações apenas a produção de hormônios endógenos não é suficiente, neste caso, faz-se a aplicação exógena desses compostos, conhecidos como reguladores vegetais.

Os reguladores vegetais são compostos com características semelhantes aos hormônios, que atuam como sinalizadores químicos, porém são sintéticos e produzidos exogenamente. Concentrações entre 1 e 50 mM são capazes de inibir, modificar e estimular o desenvolviemento vegetal (ALBUQUERQUE; MOUCO; ALBUQUERQUE NETO, et al., 2008; VIEIRA et al., 2010).

Por muito tempo acreditou-se que apenas cinco hormonios vegetais controlavam o desenvolvimento das plantas, dentre eles, as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico, entretanto, estudos recentes tem destacado a eficiência de outros reguladores, como ácido jasmónico, brassinosteróides, ácido salicílico, glicoxilanas e polipeptídios sistemina por atuarem no sistema de sinalização de plantas, no crescimento e desenvolvimento (POVH; ONO, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2017).

O ácido salicílico (AS) é um hormônio vegetal, que está relacionado a diversas funções regulatórias no metabolismo das plantas, atuando tanto na regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal, quanto na amplificação e sinalização de protetores enzimáticos com a capacidade de promover respostas adaptativas na planta (KHAN et al., 2012; MIURA; TADA, 2014; ASGHER et al., 2015).

Este indutor está envolvido em diversos processos fisiológicos da planta, tais como fotossíntese, metabolismo do nitrogênio, metabolismo da prolina, produção de glicina-betaína, sistema de defesa antioxidante e relação água-planta-atmosfera (KHAN et al., 2010; 2013; NAZAR et al., 2011; MIURA; TADA, 2014).

Ademais, o AS atua na regulação do crescimento, desenvolvimento, amadurecimento, floração e modulação dos vegetais mesmo quando submetidos a estresses, seja o hídrico, luminoso, ataque de pragas e patógenos (KHAN et al., 2013; FAYEZ; BAZAID, 2014; KHAN; ASGHER; KHAN, 2014; KUMAR et al, 2014; NAZAR et al., 2015; ZHANG et al., 2015; WITTEK et al., 2015).

O AS pode ser sintetizado a partir de duas vias, a do isocorismato e a via fenilalanina amônia-liase (PAL). Inicialmente o ácido isocorísmico, produto obtido da via do ácido chiquímico, é convertido em isocorismato por meio da enzima isocorismato sintetase (UPPALAPATI et al., 2007; CATINOT et al., 2008).

A fenilalanina amônia-liase sofrerá uma desaminação e formará o ácido transcinâmico e este irá atuar no metabolismo primário e secundário dos vegetais, formando diversos compostos, como os fenóis totais, lignina, flavonoides, ésteres e benzenóides voláteis (WENG; CHAPPLE, 2010; DEMPSEY et al., 2011).

Dentre os metabólitos ativados em função do estímulo químico, podem-se citar os terpenos, compostos fenólicos (CF), alcaloides, aminoácidos não proteicos, fitoalexinas, entre outros (RAMAKRISHNA; RAVISHANKAR, 2011; IDREES et al., 2013; PALMA et al., 2013; IRCHHAIYA et al., 2015).

O uso de eliciadores pode ser benéfico para os vegetais, sejam em condições ótimas ou estressantes, porém é interessante destacar que a dose irá definir se o ácido irá atenuar efeitos adversos ou intensificar essa condição nas plantas. Essas alterações podem desencadear inúmeros processos metabólicos que irão resultar em modificações nas variáveis fisiológicas, bioquímicas e morfológicas (KHAN et al., 2015).

Estudos tem destacado a capacidade do ácido salicílico em atenuar os efeitos deletérios provenientes do estresse hídrico. Concentrações entre 1 a 50 mM podem ativar ou inibir funções biológicas importantes em plantas submetidas à suspensão hídrica (HAYAT et al., 2010; KABIRI; FARAHDAKHSH; NASIBI, 2012; HABIBI et al., 2013; AGOSTINI; MACHADO-NETO; CUSTÓDIO, 2013; HASANUZZAMAN et al., 2014; YAMAMOTO et al., 2014).

Os hormônios vegetais, em geral, atuam de forma conjugada, sinergicamente ou ntagonicamente, regulando o desenvolvimento e crescimento das plantas e por isso, os reguladores vegetais ao serem aplicados nas plantas sofrem influencia de outros hormônios e por isso, dificilmente consegue-se observar os efeitos isolados dos mesmos (COLLI, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Como por exemplo, o ácido salicílico e o etileno apresentam ação antagônica, pois competem pelo sítio de ativação da enzima ACC oxidase, desta maneira, o aumento dos teores do AS pode reduzir a síntese do etileno e desiquilibrar as atividades vinculadas a esse hormônio, como o amadurecimento de frutos, senescência de folhas e frutos e abscisão foliar (KLUGE; PICOLI; AGUILA, 2010).

1.5 EFEITO DOS REDULADORES VEGETAIS E ESTRESSE HÍDRICO NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA

O ácido salicílico pode atuar como agente mitigador do estresse hídrico, por aumentar a capacidade antioxidante das células, estabilidade das membranas como consequência da redução na peroxidação dos lipídeos, acúmulo de biomassa e aumentos na capacidade fotossintética (KHAN; PRITHVIRAJ; SMITH, 2003; AGARWAL et al., 2005; SINGH; USHA, 2003). Desta maneira, o ácido salicílico pode ser eficiente na rustificação e consequentemente atuar modulando as características de qualidade das mudas.

Estudos recentes têm dado muita importância para a capacidade do ácido salicílico em induzir efeitos de proteção em plantas sob déficit hídrico, entretanto, a dose utilizada será determinante nos resultados que serão obtidos, por exemplo, concentrações entre 10^{-3}-10^{-6}M pode alterar a atividade fotossintética das plantas, conferindo tolerância aos vegetais, entretanto, doses excessivas pode prejudicar o desenvolvimento das mesmas (SENARATNA et al., 2000; BANDURSKA; STROINSKI 2005; HAYAT et al., 2008; HUSSAIN et al., 2008).

Em baixa disponibilidade hídrica as plantas redirecionam o crescimento e desenvolvimento para o sistema radicular, permitindo maior armazenamento de fotoassimilados para serem usados nessas condições atípicas, dessa forma, há maior acúmulo de biomassa na raiz (FRITSCHE- NETO; BORÉM, 2011).

Vários fatores podem causar alterações na fisiologia das plantas quando expostas ao déficit hídrico, entretanto, um dos primeiros órgãos atingidos será a folha, pois diante dessa condição haverá desbalanço no potencial hídrico das células, redução na condutância estomática como consequência do fechamento dos estômatos, redução da eficiência nos fotossistemas e conteúdo relativo de água, além do desbalanço osmótico das células, resultante do aumento dos solutos compatíveis (LIBERATO et al., 2006; SILVA et al., 2007; LOBATO et al., 2008; POLIZEL et al., 2011; CAMPOS et al., 2011).

Adicionalmente, a falta de água nas células pode afetar o nível de metabólitos secundários pela inibição do transporte de elétrons, redução da transpiração, temperatura foliar, assimilação e incorporação de CO_2 afetando diretamente a fotossíntese líquida (MARENCO; LOPES, 2009).

1.6 METABOLISMO DO NITROGÊNIO E CARBONO NO AJUSTE OSMÓTICO EM PLANTAS SOB DÉFICIT HÍDRICO

Em condição de estresse hídrico as plantas têm seus fotoassimilados hidrolisados e redistribuídos nos demais órgãos a fim de ajustar o conteúdo de água dentro e fora das células, resultante dessa condição pode haver redução das folhas, maior acúmulo de fotossintatos e aumento das raízes, para melhorar a exploração de camadas mais profundas do solo (WANG et al., 2010; MOREL et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2017).

O ajuste osmótico é uma estratégia adaptativa para manter a turgescência das células, abertura e fechamento estomático, crescimento e alongamento celular, por meio do acúmulo de solutos compatíveis, dentre eles, prolina, glicina-betaína e açúcares solúveis nos vacúolos ou citosol, além de promover a regulação osmótica, os solutos irão atuar protegendo as

membranas e células contra subprodutos tóxicos, como as espécies reativas de oxigênio (JANDA et al., 2007; SILVEIRA et al., 2009).

Este mecanismo está ligado basicamente ao metabolismo de dois componentes essenciais para o desenvolvimento das plantas, o carbono e nitrogênio, sendo que o último é dependente da formação de compostos carbonados, a grande vantagem dessa estratégia é que os compostos formados e acumulados não são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, ou seja, não causam toxidez.

A regulação osmótica é um dos principais mecanismos fisiológicos na manutenção e regulaçao de água presente nas células, entretanto, sua eficiência está condicionada ao período de exposição ao estresse, pois, essa estratégia é muito eficaz para um curto período de tempo, assim, com a intensificação do período de déficit hídrico o reequilíbrio celular não consegue ser restabelecido.

Os compostos de carbono estão ligados ao metabolismo dos vegetais e o acúmulo destes pode aumentar a tolerância a seca e melhorar a sobrevivência das mudas quando expedidas ao campo, além disso, o carbono exerce função estrutural e em média, 45 a 55% da biomassa vegetal é composta de carbono, além do mais esse compenente está envolvido na maioria, se não, em todas as atividades metabólicas das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O carbono produzido via fotossíntese é translocado para outras partes das plantas a fim de fornecer e manter o desenvolvimento normal das células e órgãos especificos e generalizados, além do mais, as estruturas não fotossintetizantes precisam respirar e com isso, hidrolisar as moléculas de carbono inativas para torná-las ativas e assim gerar energia.

A teoria que explica o transporte de carbono é o fluxo de massa, descrito inicialmente por Ernst Münch em 1930, onde elementos dos tubos crivados são acionados pelo gradiente de pressão e os compostos são redistribuídos por meio da relação fonte-dreno, o baixo teor de carbono nas células dreno irá gerar uma demanda e dessa maneira serão reabastecidos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Nos tecidos fotossintetizantes, o carregamento ocorre via floema, estimulado pelo acúmulo de açúcares nos elementos crivados, reduzindo o potencial hídrico e gerando um potencial osmótico negativo, dessa maneira a água é transportada para os elementos de vasos por meio da pressão de turgor (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os mesmos autores ainda relatam que para ocorrer o descarregamento de fotoassimilados o tecido dreno deve apresentar potencial osmótico mais negativo e assim facilitar a distribuição dos compostos de carbono, isso irá resultar em redução da pressão de

turgor nos elementos crivados, interessante destacar, que o descarregamento para locais distantes requer gasto de energia na forma de ATP.

Alguns fatores podem limitar as atividades principais dos vegetais, como por exemplo, o amido presente nos cloroplastos precisa ser hidrolisado e transportado para o citosol, na forma de sacarose, principal açúcar móvel na planta, nessa condição há uma demanda energética.

Para que isso ocorra é necessário que a planta esteja produzindo compostos que serão quebrados para manter a relação fonte–dreno funcionando perfeitamente, porém, essas atividades não irão funcionar isoladamente, haverá também a fotorrespiração, fixação de CO_2, redução de compostos nitrogenados, lipídeos e todos estes processos são dependentes de luz e do equilíbrio existente na planta entre o que é produzido e consumido.

Dos nutrientes existentes no solo, o nitrogênio é considerado um dos mais limitantes para o crescimento das plantas, isso ocorre porque, juntamente com o carbono é o nutriente mais exigido para o desenvolvimento das atividades gerais do vegetal, pois faz parte de aminoácidos, proteínas, clorofila, é constituinte dos fotossistemas e por isso deve ser levado em consideração em estudos sobre a fisiologia das espécies (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Além disso, o metabolismo do nitrogênio está diretamente ligado ao metabolismo do carbono, pois, a assimilação e incorporação dos compostos nitrogenados são dependentes da energia produzida por meio da hidrólise dos compostos de carbononados.

O Nitrato ($NO3^-$) e amônio ($NH4^+$) compõem a maior fonte de nitrogênio e as principais formas de assimilação pelos vegetais, entretanto existem algumas limitações em função do metabolismo desses íons.

O amônio, quando acumulado em níveis elevados nos tecidos pode ser tóxico para as plantas, assim, ao ser assimilado, deve ser rapidamente incorporado a compostos orgânicos na raiz, pois não pode transitar livremente nas células. As membranas dos cloroplastos e mitocôndrias são muito permeáveis à amônia (NH_3), porém, quando esse composto se junta a OH^-, pode ser extremamente tóxico (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Além disso, a forma de evitar a toxicidade desse íon é por meio da rápida conversão do amônio gerado pela fotorrespiração e conversão do nitrato, por meio da ação da glutamina e glutamato sintetase.

Os mesmos autores discutem que o nitrato ($NO3^-$) pode circular rapidamente na planta através do xilema, sem causar danos aos tecidos, além de ser estocada no vacúolo, entretanto, a desvantagem é que sua assimilação e incorporação demanda gasto energético.

Quando se trata do metabolismo do nitrogênio é interessante destacar um processo que está intimamente ligado à produção de compostos nitrogenados, a fotorrespiração, que é um processo biológico antagônico a fotossíntese e mais comum em plantas com metabolismo C3, onde a enzima responsável pela captura de CO_2, Rubisco, tem afinidade tanto por essa molécula quanto pelo O_2, assim, em condições de alta oxigenação, a enzima capta oxigênio ao invés do gás carbônico e assim, inicia essa via alternativa, onde haverá formação de moléculas de glicina e serina (LEA; ROBINSON; STEWART, 1990).

Mediante a alternância do ciclo de Calvin para a fotorrespiração, as plantas liberam até dez vezes mais amônia do que pela assimilação de nitrato e isso pode se tornar uma grande desvantagem, pois como já foi mencionado, esse componente ao se ligar com hidróxidos presentes nas células podem causar toxicidade nas plantas.

Entretanto, os vegetais apresentam uma estrategia para amenizar o efeito dessa liberação excessiva, a amônia, na medida em que é liberada pode ser reassimilada rapidamente pelas enzimas do ciclo GS-GOGAT, entretanto essa ação também é restritiva dependendo da quantidade produzida (LAM; COSCHIGANO; OLIVEIRA, 1996).

A principal consequência da produção em excesso dos teores nitrogenados é porque a produção de aminoácidos irá demandar muitos esqueletos de carbono, assim terá que haver maior conversão de amido em sacarose e maior gasto dos compostos carbonados. Além disso, o fluxo de carbono é controlado por enzimas que atuam na realimentação dos ácidos tricarboxílicos no ciclo de Krebs e por isso, o aumento na produção desses compostos irá limitar a respiração e atividade fotossintética nas plantas (SCHEIBLE et al., 1997).

O aminoácido prolina é um dos solutos compatíveis mais estudados, pois seus teores são automaticamente incrementados em função de estresses abióticos, podendo aumentar até 100 vezes em condições de estresse hídrico, é sintetizado no citoplasma e carregado para o vacúolo para realizar a regulação hídrica das células (SZABADOS; SAVOURE, 2010; VERSLUES; SHARMA, 2010; KAUR; ASTHIR, 2015).

Além disso, alguns autores conferem a prolina a função de ajustar os níveis de NADP+/NADPH no citosol, mantendo o transporte de elétrons ocorrendo mesmo em situações estressantes, isso ocorre basicamente porque esse aminoácido está envolvido tanto no metabolismo primário (manutenção da via oxidativa da pentose fosfato) quanto no metabolismo secundário, na produção de compostos fenólicos (SERRAJ; SINCLAIR, 2002; SARKAR; SHETTY, 2014).

1.7 PERDA DE ELETRÓLITOS

Em condições de estresse as plantas externam sinais e sintomas resultantes das alterações fisiológicas, celulares e moleculares, ao nível celular essa quantificação pode ser detectada pelo extravasamento de íons nas células, consequência da perda de seletividade das membranas, podendo ocasionar perda nas células e morte generalizada na planta (BAJJI; KINET; LUTTS, 2002; KOCHEVA et al., 2004; LANDIS et al., 2010).

Assim, o teste da perda de eletrólitos surge como uma alternativa direta para quantificar o trânsito de íons nas células e indiretamente para predizer a condição fisiológica das membranas e tecidos dos vegetais em condições de estresse, seja biótica ou abiótica.

A água pode ser encontrada tanto no simplasto quanto no apoplasto, a água presente no apoplasto é praticamente pura, a do simplasto, no entanto, apresentam vários íons dissolvidos no meio e assim, o transporte de água pode ocorrer de célula a célula e de íons nas membranas e proteínas de canais (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Quando as plantas têm suas membranas danificadas à entrada e saída de íons será prejudicada e com isso, as atividades fisiológicas e bioquímicas podem cessar ou até parar completamente, levado a morte das plantas.

A rustificação vai expor os vegetais a condições estressantes podendo prejudicar a integridade das membranas e promovendo um desbalanço no conteúdo de solutos compatíveis, como os açucares solúveis, prolina, nitrato, amônio e carboidratos, desta maneira, minimizando o dano oxidativo nas mabranas e tecidos, resultando em menores valores de perda de eletrólitos, e quanto menores os valores melhor a integridade da membrana (CHIATANTE et al., 2006).

1.8 COMPOSTOS FENÓLICOS

Parte da energia que seria utilizada no metabolismo primário é redericeionada para o metabolismo secundário pelo aproveitamento de compostos intermediários, por exemplo, a via da pentose fosfato, ligada ao ciclo de Krebs poderá produzir compostos secundários, assim como a via da prolina pode ser desviada e produzir compostos fenólicos, por isso, é necessário conhecer e balancear o que é benéfico e maléfico nesse desvio de rota.

Naturalmente, as plantas apresentam em sua constituição compostos secundários que estão ligados ao desenvolvimento, crescimento, reprodução e proteção, essas substâncias químicas podem ser de origem simples ou complexa e podem ser derivadas dos aminoácidos

fenialalanina e tirosina (KUMAR et al., 2013; BORLINGHAUS et al., 2014; SHAO et al., 2014; IRONDI et al., 2015; TAOFIQ et al., 2015).

Apresentam em sua constituição um anel aromático e um grupo hidroxila e podem ser classificados em flavonoides ou não flavonoides (FINOCCHIARO; FERRARI; GIANINETTI, 2010; ALVES et al., 2013; CAROCHO et al., 2013).

A produção de compostos fenólicos é resultado da oxidação parcial de açúcares e ácidos orgânicos, essa conversão é mediada pela fenilalanina amônia-liase (PAL), enzima chave que catalisa a conversão da fenilalanina a ácido transcinâmico. Dentre os derivados dos componentes não flavonoides podem-se citar os ácidos salicílico, gálico, elágico, protocatéico e vanílico (LIU et al., 2015; MARTINS; PETROPOULOS; FERREIRA, 2016; SILVA et al., 2016; SOETHE et al., 2016).

Os compostos fenólicos atuam como agente antioxidante e isso está intimamente ligado a capacidade de sequestrar radicais livres. Os compostos fenólicos irão fazer a transferência de hidrogênio atuando como sinalizadores pela ativação de enzimas e proteínas ligadas a defesa, com o objetivo de neutralizar os radicais presentes nas células (JACQUES; ZAMBIAZI, 2011; SHARMA; SINGH, 2013).

Vários métodos para a determinação de compostos fenólicos podem ser utilizados, desde aqueles que fazem a quantificação especifica dos ácidos até aqueles que estimam os teores totais dos compostos fenólicos por meio da espectofotometria. O método mais utilizado recentemente tem sido o de redução do reagente Folin-Ciocalteau devido a sua hipersensibilidade (SOUSA et al., 2007).

O reagente atua por meio da redução de íons, dentre eles o molibdênio e o tungstênio, que na presença de compostos fenólicos irão ser oxidados e perder um elétron, assim, realiza-se a determinação dos agentes redutores, para essa avaliação os teores de compostos fenólicos são expressos em mg de ácido gálico por grama de matéria seca (SOUSA et al., 2007).

1.9 LIGNIFICAÇÃO EM TECIDOS VEGETAIS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS

Várias estratégias podem ser levadas em consideração para determinação da condição das mudas, em cultivo protegido ou a campo, a mensuração do teor de lignina é um processo bioquímico, que pode predizer o tipo de estresse que as plantas estão sendo expostas, entretanto, é interessante destacar que a lignificação não é uma análise que determina a

qualidade a muda, porém é uma molécula que atua no desempenho das plantas (MONTEIRO et al., 2012; MALAVASI et al., 2016; TAIZ; ZEIGER, 2017).

A lignina é um componente estrutural de origem fenólica que confere maior elasticidade e resistência de grande importância para a sustentação, rigidez e para a manutenção da verticalidade do caule, além de ter contribuído para a transição das plantas aquáticas para as terrestres, é um dos compostos mais abundantes das células, perdendo apenas para a celulose (BOERJAN; RALPH; BAUCHER, 2003; MONTEIRO et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Além dessas funções, a lignina atua na proteção física, dificultando a herbivoria e infecção de patógenos, além de atuar na proteção contra a perda de água e embolia, pois ao ser depositado na parede propicia maior resistência, reduzindo a mortalidade de mudas a campo em condições de estresse hídrico (PELTIER; HATFIELD; GRAU, 2009; KITIN et al., 2010; VOELKER et al., 2011; HERBETTE et al., 2015; MALAVASI; DAVIS; MALAVASI, 2016).

Essa característica é muito importante, principalmente na fase inicial onde as plantas estão mais sujeitas as variações do meio.

As plantas quando submetidas ao estímulo químico ou mecânico irão modular as características morfofisiológicas, aumentando ou diminuindo o conteúdo de lignina em função dos tratamentos, dependendo da intensidade do estresse as plantas irão incrementar os teores dessa macromolécula a fim de proteger contra físicos e químicos (KERN et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009; VOLKWEIS et al., 2014; DRANSKI et al., 2013; 2015; HEBERLE, 2016).

Alguns autores tem destacado o potencial da aplicação de uso de reguladores simples ou em conjunto na ativação das rotas para a produção de lignina, por meio do estímulo para da diferenciação celular e depósito de componentes carbonados nos espaços das lamelas (OLIVEIRA et al., 2009).

Mudas submetidas ao estímulo químico podem alterar as características morfométricas, fisiológicas, bioquímicas e celulares, além de induzir respostas adaptativas em plantas submetidas ao estresse hídrico, reduzindo o choque pós-plantio e melhorando a sobrevivência e o crescimento de plantas ao serem expedidas ao campo.

Mediante o exposto, a pesquisa objetivou avaliar as alterações morfológicas e fisiológicas em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em resposta ao uso de ácido salicílico. Adicionalmente, objetivou determinar as respostas bioquímicas das mudas quando submetidas à deficiência hídrica, após a aplicação do regulador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, S.; SAIRAM, R. K.; SRIVASTAVA, G. C.; MEENA, R. C. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v. 49, n. 4, p. 541-550, dez. 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10535-005-0048-z>. Acesso em: 21 fev. 2018.

AGOSTINI, E. A. T.; MACHADO-NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.35, n.2, p. 209-219, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/15967/pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

ALBUQUERQUE, T. C. S. de.; MOUCO, M. A. do. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. de. Reguladores de crescimento vegetal na concentração de macronutrientes em videira italiana. **Bragantia,** Campinas, SP, v. 67 n. 3, p. 553-561, abr./mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n3/a01v67n3.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

ALVES, M. J.; FERREIRA, I. C. F. R.; FROUFE, H. J. C.; ABREU, R. M. V.; MARTINS, A.; PINTADO, M. Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies. **Journal of Applied Microbiology**, Reino Unido, v. 115, p. 346-357, jan./mai. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23510516>. Acesso em: 23 jan. 2018.

ASGHER M., KHAN M. I. R., ANJUM N. A., KHAN N. A. Minimizing toxicity of cadmium in plants–role of plant growth regulators. **Protoplasma**, Alemanha, v. 252, n. 2, p. 399–413, mar. 2015. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/266022647_Minimizing_toxicity_of_cadmium_in_plants_-_role_of_plant_growth_regulators>. Acesso em: 24 dez. 2017.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ARTECA, R. N.; FOOLAD, M. R. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 29, n. 3, p. 162-190, 2011. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352689.2010.483580>. Acesso em: 23 out. 2017.

BAJJI, M.; KINET, J-M.; LUTTS, S. The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as water stress tolerance test in durum wheat. **Journal of Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 36, n.1, p.61-70, jan. 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014732714549>. Acesso em: 21 fev. 2018.

BANDURSKA, H.; ANDSTROI´ NSKI, A. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. **Acta Physiologiae Plantarum,** v. 27, n. 3, p. 379–386, dez./out. 2005. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23698049>. Acesso em: 03 nov. 2017.

BAÑON, S.; OCHOA, J.; FRANCO, J. A.; ALARCÓN, J. J.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Hardening of oleander seedlings by deicit irrigation and low air humidity. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 56, n. 1, p. 36-43, mai. 2006. Disponível: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847204001790>. Acesso em: 24 jun. 2017.

BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annu Rev Plant Biol**, Estados Unidos, v. 54, n. 1, p.519-546, jun/fev. 2003. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14503002>. Acesso em: 23 dez. 2017.

BORLINGHAUS, J.; ALBRECHT, F.; GRUHLKE, M. C. H.; NWACHUKWU I. D.; SLUSARENKO, A. J. Allicin: chemistry and biological properties. **Molecules**, v. 19, n. 8, p. 12591–12618, aug. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25153873>. Acesso em: 23 jan. 2018.

BULLA, M. K; HERNANDES L.; BAESSO, M. L.; NOGUEIRA, A. C.; BENTO, A. C.; BORTOLUZZI, B.. B; SERRA L. Z.; CORTEZ D. A. Evaluation of Photoprotective Potential and Percutaneous Penetration by Photoacoustic Spectroscopy of the *Schinus terebinthifolius* Raddi Extract. **Photochemistry and Photobiology**, Amsterdam, v. 91, n. 3, p. 558–566, mai./jun. 2015. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/php.12419/full>. Acesso em: 30 jul. 2017.

CAMPOS, M. K. F. de.; CARVALHO, K. de.; SOUZA, F. S. de. MARUR, C. J. PEREIRA, L. F. P.; BESPALHOK FILHO, J. C.; VIEIRA, L. G. E.; Drought tolerance and antioxidant enzymatic activity in transgenic 'Swingle' citrumelo plants over-accumulating proline. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 72, n. 2, p. 242-250, set. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22213810>. Acesso em: 21 fev. 2018.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I. C. F. R. The role of phenolic compounds in the fight against cancer – A review. **Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 8, p.1236-1258, out. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23796249>. Acesso em: 23 jan. 2018.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S. RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista Brasileira De Plantas Medicinais**, Botucatu, SP, v. 15, n. 1, p. 158-169, jun./nov. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v15n1/a22v15n1.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2017.

CATINOT, J.; BUCHALA, A.; ABOU-MANSOUR,E.; ANDMETRAUX, J.P. Salicylic acid production in response to biotic and abiotic stress depends on isochorismate in *Nicotiana benthamiana*. **FEBS Lett,** v. 582, p. 473–478, fev./jan. 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18201575>. Acesso em: 20 nov. 2017.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthes is under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, n.4, p.551-560, fev./jul. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707345/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

CHIATANTE, D.; DILORIO, A.; CIANDRA, S.; SCIPPA, G. S.; MAZZOLENI, S. Effect of drought and fire on root development in *Quercus pubescens* Willd. and *Fraxinus ornus* L. seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, EUA, v. 56, n. 2, p. 190-197, jun. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847205000304>. Acesso em 23 jan. 2018.

COLLI, S. Outros reguladores: brassinosteróides, poliaminas, ácidos jasmônico e salicílico. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, 2 ed., cap. 14, p. 296-302.

COSTA, E. M. M. B.; BARBOSA, A. S.; ARRUDA, T. A. de.; OLIVEIRA, P. T. de.; DAMETTO, F. R.; CARVALHO, R. A. de.; MELO, M. das. D. Estudo *in vitro* da ação antimicrobiana de extratos de plantas contra *Enterococcus faecalis*. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 3, p. 175-180, mai./.jun. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v46n3/a04v46n3.pdf>. Acesso: 02 dez. 2017.

DANTAS, B.F.; LOPES, A.P.; SILVA, F.F.S. DA; LUCIO, A.A.; BATISTA, P.F; PIRES, M.M.M. L.; ARAGÃO, C.A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.413-423, jun./abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n3/03.pdf>. Acesso em 02 dez. 2017.

D'AVILA, F. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 13 - 19, jan./fev. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000100002>. Acesso em 04 nov. 2017.

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, Dordrecht, v. 30, n. 2, p. 295-311, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-005-7480-y >. Acesso em: 28 jan. 2018.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; PRADO, M. R. M. Antimicrobial activity of *Schinus terebenthifolius* Raddi. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 29, n. 3, p. 617-22, mai./jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542005000300016>. Acesso em: 30 jul. 2017.

DEL CAMPO, A. D.; NAVARRO, R. M.; CEACERO, E. C. J. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain, an approach for establishing a quality standard. **New Forests**, Holanda, v. 39, n.1, p. 19-37, mai./jun. 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-009-9152-9>. Acesso em: 09 ago. 2017.

DEMPSEY, D. A.; VLOT, A. C.; WILDERMUTH, M. C.; ANDKLESSIG, D. F. Salicylic acid biosynthesis and metabolism. **The Arabidopsis Book,** Estados Unidos, v. 9, dez. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3268552/>. Acesso em 20 ago. 2017.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M.; JACOBS, D. F. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.3, p.401-407, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000300003>. Acesso em 20 jan. 2018.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Relationship between lignin content and quality of *Pinus taeda* seedlings. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n.5, p. 905-913, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000500905>. Acesso em 20 jan. 2018.

DRIEVER, S. M.; KRORMDIJK, J. WILL. C3 crops enhanced with the C4 CO^{2-} concentrating mechanism live up to their full potential (yield). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, EUA, v. 64, n. 13, p. 3925-3935, mar./abr. 2013. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/1480/d091140bc30ef1cb3a0353f86dac25cc4821.pdf>Acesso em: 21 fev. 2018.

FAYEZ, K. A.; BAIZAD, S. A. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, SA, v.13, n.1, p.45-55, jan. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X13000027>. Acesso em: 23 set. 2017.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*hymenaea courbaril* l. var. stilbocarpa (hayne) lee et lang.), ipê-amarelo (*tabebuia chrysotricha* (mart. ex dc.) sandl.) e guarucaia (*parapiptadenia rigida* (benth.) brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 413-423, jan/abr. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100- 67622011000300005>. Acesso em 23 nov. 2017.

FERRARI, M.P.; SHIMIZU, J.Y. Cultivo do pinus. Curitiba: Embrapa Florestas, 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 3 jan. 2018.

FIGUEIREDO, F. A. M. M; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; BARROSO, D. G.; DAHER, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.35, n.1, p.01-11, jan./fev. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000100001>. Acesso em: 5 ago. 2017.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 97, p. 1-10, set. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847213001391>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FINOCCHIARO, F.; FERRARI, B.; GIANINETTI, A. A study of biodiversity of flavonoid content in the rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a black-grained genotype. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 51, n. 1, p. 28–34, nov./dez. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521009001398>. Acesso em: 23 jan. 2018.

FLEXAS, J.; BARÓN, M.; BOTA, J.; DUCRUET, J. M.; GALMÉS, A. G. J.; JIMÉNEZ, M. POU, A.; RIBAS-CARBÓ, M.; SAJNANI, C.; TOMÁS, M.; MEDRANO, H. Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. verlandieri* x *V. rupestris*). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 8, p. 2361-2377, out. 2009. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/60/8/2361/2112096/Photosynthesis-limitations-during-water-stress>. Acesso em: 23 jul. 2017.

FREIRES, I.A.; ALVES, L. A.; JOVITO, V. de. C.; CASTRO, R. D. de. Atividade antifúngica de *Schinus terebinthifolius* (Aroeira) sobre cepas do gênero *Candida*. **Revista Odontológica do Brasil-Central**, Goiás, v. 20, n. 52, p. 41-45, mai./nov. 2011. Disponível em: <http://www.robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/491/534>. Acesso em: 04 nov. 2017.

FRITSCHE-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, p. 29-38.

GILBERT, B; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Fitossanitária**, Rio de Janeiro. v. 6, n. 1, p. 43-56. dez. 2011. Disponível em:< https://www.google.com.br/search?q=Schinus+terebinthifolius+Raddi.++&oq=Schinus+terebinthifolius+Raddi.++&gs_l=psyab.3...558514.558514.0.558855.1.1.0.0.0.0.126.126.0j1.1.0...0...1.1.64.psy-ab..0.0.0.GLkZKvkveHY>. Acesso em: 23 jun. 2017.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. PARÂMETROS MORFOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis.* **Revista Árvore,** Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, set/dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n6/a02v26n6.pdf>. Acesso em 02 jan. 2018.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E.P.; LIMA, C. R. D.; SANTOS, S. D. R. N. D. Germinação e vigor de sementes de *apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 45-53, jun./mar. 2013. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cflo/v23n1/1980-5098-cflo-23-01-00045.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N. de. NEVES, J. C. L. GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca E Mg. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 219-228, ago./mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n2/a03v36n2.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2017.

HABIBI, A.; ABDOLI, M. Influence of salicylic acid pre-treatment on germination, vigor and growth parameters of garden cress (*Lepidium sativum*) seedelings under water potencial loss at salinity stress. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**, v.4, n.6, p.1393-1399, mai./fev. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272829731_Influence_of_salicylic_acid_pretreatment_on_germination_vigor_and_growth_parameters_of_garden_cress_Lepidium_sativum_seedlings_under_water_potential_loss_at_salinity_stress>. Acesso em 23 nov. 2017.

HAYAT, S.; HASAN, A. A.; FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. **Journal of Plant Interactions**, Berlin, v. 3, n. 4, p. 297-304, mai./nov. 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17429140802320797>. Acesso em: 21 fev. 2018.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 68, n. 1, p. 14-25, mar. 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847209001579>. Acesso em: 23 ago. 2017.

HASANUZZAMAN, M.; ALAM, M. M.; NAHAR, K.; MAHMUD, J. A.; AHAMED, U.; FUJITA, M. Exogenous salicylic acid alleviates salt stress-induced oxidative damage in *Brassica napus* by enhancing the antioxidant defence and glyoxalase systems. **Australian Journal of Crop Science**, Australian, v.8, n.4, p.631-639, abr./jan. 2014. Disponível: <http://www.cropj.com/hasanuzaman_8_4_2014_631_639.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2017.

HEBERLE, K. **Aplicação de ácido jasmônico na rustificação em mudas de ipê roxo e guajuvira.** 2016. 54p. Dissertação (mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.

HERBETTE, D.; BOUCHET, B.; BRUNEL, N.; BONNIN, E.; COCHARD, H.; GUILLON, F. Immunolabelling of intervevessel pits for polysaccharides and lignin helps in understanding their hydraulic properties in *Populus tremula* x *alba*. **Annals of botany**, v. 115, n. 2, p. 187-199, mai./dez. 2014. Disponível em: <http://herve.cochard.free.fr/pdf/Herbette-2014.pdf>. Acesso em 24 jan. 2018.

HUSSAIN, M.; MALIK, M. A.; FAROOQ, M. ASHRAF, M. Y.; CHEEMA, M. A. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. **Journal of Agronomy & Crop Science**, New York, v. 194, n. 3, p. 193-199, mar. 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1439-037X.2008.00305.x>. Acesso em: 21 fev. 2018.

IDREES, M., KHAN, M.M.A., AFTAB, T., NAEEM, M., HASHMI, N., Salicylic acid-induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. **Journal of Plant Interactions**, Reino Unido, v. 5, n. 4, p. 293–303, mai./ago. 2010. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429145.2010.508566>. Acesso em: 23 ago. 2017.

IRCHHAIYA R.; KUMAR A.; YADAV A.; GUPTA N.; KUMAR S.; GUPTA N.; KUMAR, S.; GUPTA, N.; KUMAR, S.; YADAV, V.; PRAKASH, A.; GURJAR, H. Metabolites in plants and its classification. **World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences**, v. 4, p. 287–305, jun./fev. 2015. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwihh_3l2ownload%2Farticle%2F1420030323.pdf&usg=AOv>. Acesso em 19 ago. 2017.

IRONDI, E. A.; AKINTUNDE, J. K.; AGBOOLA, S. O.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L. Blanching influences the phenolics composition, antioxidant activity, and inhibitory effect of Adansonia digitata leaves extract on α- amylase, α- glucosidase, and aldose reductase. **Food Science & nutrition,** v. 5, n. 2, p. 1-10, jul./abr. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24081582>. Acesso em: 23 jan. 2018.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Nursery manual for native plants**: Guide for tribal nurseries. Washington: Department of Agriculture, Forest Service, v. 1. 2009. 20p.

JANDA, T.; HORVÁTH, E.; SZALAI, G.; PÁLDI, E. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In: HAYAT, S.; AHMAD, A. (Eds.). **Salicylic acid:** a plant hormone. Dordrecht: Springer, 2007. p. 91-150.

JACQUES, A.C.; ZAMBIAZI, R.C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, p.245-260, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v32n3/aop11610>. Acesso em: 23 dez. 2017.

JARENKOW, J. A.; BUDKE, J. C. Padrões florísticos e análise estrutural de remanescentes florestais com *Araucaria angustifolia* no Brasil. In: FONSECA, C. S. D., SOUZA, A. F., ZANCHET, A. M. L., DUTRA, T., BACKES, A. & GANADE, G. M. S. (Eds.). **Floresta com Araucária:** ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Ribeirão Preto: Holos. 2009. p.113-126.

KABIRI, R.; FARAHDAKHSH, H.; NASIBI, F. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on black cumin (Nigella sativa) germination and seedling growth. **World Applied Sciences Journal**, Paquistão, v.18, n.4, p.520-527, set./jun. 2012. Disponível em: <https://www.idosi.org/wasj/wasj18(4)12/9.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

KAUR, G.; ASTHIR, B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. **Biologia Plantarum,** Netherlands, v. 59, n. 4, p. 609-619, set./dez. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10535-015-0549-3>. Acesso em: 21 fev. 2018.

KERN, K. A.; EWERS, F. W.; TELEWSKI, F. W.; KOEHLER, L. Mechanical perturbation affects conductivity, mechanical properties and aboveground biomass of hybrid poplars. **Tree Physiology**, Canada, v. 25, n. 10, p. 1243-1251, 2005. . Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.494.1319&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 23 dez. 2017.

KHALED, F. E. M.; AHMED, H. E. G.; HAMDY, A. S.; SHIBAMOTO, T. Chemical Compositions and Antioxidant/Antimicrobial Activities of Various Samples Prepared from *Schinus terebinthifolius* Leaves Cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, United State. v.*57*, n. 12, p.5265-5270, mai. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19462981> Acesso em: 24 jul. 2017.

KHAN, W.; PRITHVIRAJ, B.; SMITH, D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 160, n. 5, p. 485-492, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161704704289>. Acesso em: 21 fev. 2018.

KHAN, N.; SYEED, S.; MASOOD, A.; NAZAR, R.; IQBAL, N. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. **International Journal of Plant Biology,** Italia, v. 1, n. 1, p. 1-8, jan./out. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/41137234_Application_of_salicylic_acid_increases_contents_of_nutrients_and_antioxidative_metabolism_in_mungbean_and_alleviates_adverse_effects_of_salinity_stress>. Acesso em 11 nov. 2017.

KHAN, M. I. R.; IQBAL, N.; MASOOD, A.; KHAN, N. A. Variation in salt tolerance of wheat cultivars: role of glycinebetaine and ethylene**. Pedosphere**, v. 22, n. 6, p. 746–754, dez. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016012600605>. Acesso em: 24 out. 2017.

KHAN M. I. R., IQBAL N., MASOOD A., PER T. S., KHAN N. A. Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. **Plant Signaling & Behavior,** Estados Unidos, v. 8, n. 11, p. 237-246, dez./set. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4091357/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

KHAN, M. I. R.; ASGHER, M.; KHAN, N. A. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Plant Signaling & Behavior**, Estados Unidos, v. 80, p. 67–74, jul./abr. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942814001144>. Acesso em 23 ago. 2017.

KHAN, M. L. R.; FATMA, M.; PER, T. S.; ANJUN, N. A.; KHAN, N. A. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. **Plant Physiology,** Maryland, Estados Unidos, n. 6, v. 462, p. 462-475, jan./jun. 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942814001144>. Acesso em 23 ago. 2017.

KELER, L.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; COUTINHO, R. P.; NASCIMENTO, D. F. 2009. Sistema de blocos prensados para produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 305-314, set./mar. 2009. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n2/a12v33n2.pdf:>. Acesso em: 24 jul. 2017.

KITIN, P.; VOELKER, S. L.; MEINZER, F. C.; BEECKMAN, H.; STRAUSS, S. H.; LACHENBRUCH, B. Tyloses and phenolic deposits in xylem vessels impede water transport in low-lignin transgenic poplars: a study by cryofluorescence microscopy. **Plant Physiology**, Estados Unidos, v. 154, n. 2, p. 887-898, mai./ago. 2010. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/content/154/2/887>. Acesso em: 23 dez. 2017.

KLUGE, R. A.; PICOLI, A. A.; AGUILA, J. S. D. Respiração e produção de etileno em beterrabas inteiras e minimamente processadas submetidas a tratamentos com etileno e biorreguladores. **Horticultura Brasileira,** v. 28, n. p. 54-57, jan/mar. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v28n1/a10v28n1.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2018.

KOCHEVA, K.; LAMBREV, P.; GEORGIEV, G.; GOLTSEV, V.; KARABALIEV, M. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. **Bioeletrochemistry**, n.63, v. 1, p.121-124, jun. 2004. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15110261>. Acesso em: 21 fev. 2018.

KUMAR, D. Salicylic acid signaling in disease resistance. **Plant Science,** Nova York, v. 228, n. 228, p. 127–124, nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016894521400096X>. Acesso em 20 jun. 2017.

LAM, H. M.; COSCHIGANO, K. T.; OLIVEIRA, I. C. The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Estados Unidos, v. 47, n. 6, p.569-593, 1996. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15012301>. Acesso em: 21 fev. 2018.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The container tree nursery manual: seedling, processing, storage and out planting.** v. 7. Washington: Department of Agriculture Forest Service, 2010. 200p.

LEA, P. J.; ROBINSON, S. A.; STEWART, G.A. The enzymology and metabolism of glutamine, glutamate and asparagine. **The Blochernistry of Plants**, v. 16, n. 1, p. 121-159, 1990. Disponível em: <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US9117043>. Acesso em: 21 fev. 2018.

LELES, P. S. dos. S.; LISBOA, A. C.; OLIVEIRA NETO, S. N. de; GRUGIKI, M. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v.13, n.1, p. 69 - 78, nov./mai. 2006. Disponível em: <http://www.floram.org/files/v13n1/v13n1a9.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2017.

LENZI, M.; ORTH, A. L. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da Aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis, SC, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 26, n. 2, p. 198-201, aug. 2004. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rbf/v26n2/21805.pdf> Acesso em: 6 jul. 2017.

LIBERATO, M.A.R.; GONÇALVES, J.F. de C.; CHEVREUIL, L.R.; NINA JUNIOR, A. da R.; FERNANDES, A.V.; SANTOS JUNIOR, U.M. dos. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.315-323, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202006000200008>. Acesso em 21 jan. 2018.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. Water stress in plants: causes, effects and responses. In: RAHMAN, I. M. M. **Water Stress**. Rijeka: INTECH, 2012, p. 1-14.

LIU, Y.; WANG, P.; CHEN, F.; YUAN. Y.; ZHU, Y.; YAN, H.; HU, X. Role of plant polyphenols in acrylamide formation and elimination. **Food Chemistry**, Netherlands, v. 186, n. 1, p. 46-53, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25976790>. Acesso em: 24 fev. 2018.

LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; COSTA, R. C. L.; SANTOS FILHO, B. G.; CRUZ, F. J. R.; LAUGHINGHOUSE, H. D. Biochemical and physiological behavior of Vigna unguiculata (L.) walp. under water stress during the vegetative phase. **Asian Journal of Plant Sciences**, Pakistan, v. 7, n. 1, p. 44-49, jun./mai. 2008. Disponível em: <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/135951/1/Lobato_etal_2008.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2018.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SILVA, M. R. da.; SAAD, J. C. C.; LOPES, C. F. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore,** Viçosa-MG, v.35, n.1, p.31-39, jul./ago. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n1/04.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

LOPEZ, F. B.; CHAUHAN, Y.S.; JOHANSEN, C. Effects of timing of drought stress on leaf area development an canopy light interception of short-duration pigeonpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, California, v. 178, n. 1, p. 1-7, set./jul. 2008. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/12104747.pdf>. Acesso em: 11nov. 2017.

MALAVASI, U. C.; DAVIS, A. S.; MALAVASI, M. M. Lignin in Woody Plants under Water Stress: A Review. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 589-597, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872016000400589>. Acesso em 20 jan. 2018.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 468 p.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, n. 12, p. 660-666, dez./set. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24001766>. Acesso em:10 out. 2017.

MARTINS, N.; PETROPOULOS, S.; FERREIRA, I. C. F. R. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum L.*) as affected by pre- and postharvest conditions: A review. **Food Chemistry**, Netherlands, v. 211, p. 41-50, nov./jun. 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8a07/12c8302516665a455e94d89463c01c4bb52c.pd>. Acesso em: 23 dez. 2017.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** Goiânia, GO, v. 44, n. 4, p. 443-450, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v44n4/v44n4a12.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2017.

MONTEIRO, M.B.O.; PEREIRA, R. P. W.; ABREU, H.S. Compositonal analysis of the lignin of *Eucalyptus urophylla* treated with JA e 2,4-D. **Biochemistry and Biotechnology Reports,** Londrina, v.1, n.2, p. 48-56, 2012. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/bbr/article/viewFile/13547/12351>. Acesso em: 02 jan. 2017.

MOREL, P.; CRESPEL, L., GALOPINC, G.; MOULIAD, B. Effect of mechanical stimulation on the growth and branching of garden rose. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 59-64, out./fev. 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381100639X>. Acesso em: 08 ago. 2017.

MUNNS, R. Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. In: TURKAN, I (Ed.). **Plant responses to drought and salinity stress**: developments in a postgenomic Era. London: Elsevier, 2011. p.132.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers Plant Science**, Nova York, USA, v. 5, n. 4, p. 1-19, jan./nov. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3899523/>. Acesso em: 23 jun. 2017.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE, F. R. F.O.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, ago. 2011; 15(8): 853-860. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000800013>. Acesso em 24 jun. 2017.

NAZAR, R.; IQBAL, N.; SYEED, S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. **Journal of Plant Physiology**, Netherlands, v. 15, n. 168, p. 807–815, mai./nov. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21112120>. Acesso em: 23 nov. 2017.

NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAN, N.; SAREER, O. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. **South African Journal of Botany**, v. 98, p. 84–94, mai. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915000277>. Acesso em: 23 nov. 2017.

OH, M. M.; TRICK, H. N.; RAJASHEKAR, C. B. Secondary metabolism and antioxidants are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. **Journal Plant Physiology**, Netherlands, v. 166, n. 2, p. 180–191. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161708001107>. Acesso em: 21 fev. 2018.

OLIVEIRA, M. B. de.; ABREU, H. dos. S.; PEREIRA, R. P. W. Teor de Lignina em Plantas de Eucalyptus urophylla S. T. Blake Tratadas com Fitorreguladores. **Silva Lusitana**, Seropédica, RJ, v. 17, n. 1, p. 51-57, jun./abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/slu/v17n1/v17n1a04.pdf>. Acesso em 20 jan. 2018.

ORO, P.; VOLKWEIS, C. R.; NEIVERTH, W.; DEANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de. M. Aplicação de regulador vegetal na aclimatação de mudas de *Cariniana estrellensis.* **Cultivando o saber**, Cascavel, v.5, n.4, p.103-112, mai./out. 2012. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/511cc1e627012.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2017.

PALMA, F.; LÓPEZ-GÓMEZ, M.; TEJERA, N.; A., LLUCH, C. Salicylic acid improves the salinity tolerance of *Medicago sativa* in symbiosis with *Sinorhizobium meliloti* by preventing nitrogen fixation inhibition. **Plant Sci**. 208 75–82, jul. 2013. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016894521300071X>. Acesso em 05 dez. 2017.

PELTIER, A.J.; HATFIELD, R.D.; GRAU, C.R. Soybean stem lignin concentration relates to resistance to Sclerotinia sclerotiorum. **Plant Disease**, Estados Unidos. v. 93, n. 2, p. 149-154, out. 2009. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-93-2-0149>. Acesso em: 23 dez. 2017.

PEZZUTTI, R. V.; CALDATO, S. L. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* L. com diferentes diâmetros do colo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 355-362, abr./jun. 2011. Disponível em: <http://www.bioline.org.br/pdf?cf11037>. Acesso em: 03 ago. 2017.

POLIZEL, A. M.; MEDRI, M. E.; NAKASHIMA, K.; YAMANAKA, N.; FARIAS, J.R.B.; OLIVEIRA, M. C. N.; MARIN, S. R. R.; ABDELNOOR, R. V.; MARCELINOGUIMARÃES, F. C.; FUGANTI, R.; RODRIGUES, F. A.; STOLF-MOREIRA, R.; BENEVENTI, M. A.; ROLLA, A. A. P.; NEUMAIER, N.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; CARVALHO, J. F. C.; NEPOMUCENO, A. L. Molecular, anatomical and physiological properties of a genetically modified soybean line transformed with rd29A: AtDREB1A for the improvement of drought tolerance. Genetics and Molecular Research, v. 10, n. 4, p. 3641-3656, out. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22033903>. Acesso em: 21 fev. 2018.

POVH, J. A.; ONO, E. O. Crescimento de plantas de Salvia officinalis sob ação de reguladores de crescimento vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2186-2190, nov. 2008. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a15v38n8.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling & Behavior,** Estados Unidos, v. 6, n. 11, p. 1720-1731, nov. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3329344/>. Acesso em: 23 nov. 2017.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan 2001, 906 p.

RIBAS, M.O.; SOUZA, M. H.; SARTORETTO, J.; LANZONI, T. A.; NORANHA, L.; ACRA, L. A. Efeito da *Schinus terebinthifolius* Raddi sobre o processo de reparo tecidual das lesões ulceradas induzidas na mucosa bucal do rato. **Revista Odonto Ciência**, Rio Grande do Sul, v.21, n.53, p.245-52, jul./set. 2006. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/25531998.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2017.

RODRIGUES, S.B.S.; MANTOVANI, E.C.; OLIVEIRA; R.A.; PAIVA, H.N.; ALVES, M.E.B. Necessidades hídricas de mudas de Eucalipto na Região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga,** Botucatu, SP**,** v. 16, n. 2, p. 212-223, abr./jun. 2011. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/viewFile/204/119>. Acesso em: 30 jul. 2017.

ROSSI, V. L.; AMARANTE, C. V. T.; FLEIG, F. D. Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* submetidas à poda química de raízes. **Revista Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 435- 442, out./dez., 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/427/303>. Acesso em 02 jan. 2018.

SAINT PIERRE, C.; CROSSA, J. L.; BONNETT, D.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; REYNOLDS, M. Phenotyping transgenic wheat for drought resistance. **Journal Experimental Botany**, Oxford, EUA, n. 63, p. 1799-1808. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22213810>Acesso em: 21 fev. 2018.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia de plantas.** 4. ed. São Paulo: Cengage Learing, 2012. 776 p.

SAKURAGUI, C. M.; STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B. Meliaceae. **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 180p.

SANTOS, S. S.; MOURA, M. F.; GUEDES, R. S.; GONÇALVES, E. P. Emergência e vigor de plântulas de *Cedrela fissilis* L. em função de diferentes posições de profundidades de semeadura. **Biotemas**, Santa Catarina, v. 22, n.4, p. 45-52, mar./ago. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21757925.2009v22n4p45/17638>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R.A.; ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 237-245, mar./abr. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200005>. Acesso em: 24 nov. 2017.

SARKAR, D.; SHETTY, K. Metabolic stimulation of plant phenolics for food preservation and health. **Annual Review of Food Science Technology**, Estados Unidos, v.5, p.395- 413, 2014. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-food-030713-092418>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SCHEIBLE, W. R.; LAUERE, M.; SCHULZE, E.D.; CABOCHE, M.; STITT, M. 1997. Accumulation of nitrate in the shoot acts as signal to regulate shoot-root allocation in tobacco. **Plant Journal** v. 11, n. 4, p. 671-691, jun. 1997. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-313X.1997.11040671.x>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SENARATNA, T.;TOUCHELL, D.; BUNN, E.; DIXON, K. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 30, n. 2, p. 157-161, jun./ago. 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006386800974>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant, Cell & Environmental**, Reino Unido, v. 25, n.1, p. 333-341, fev. 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11841674 >. Acesso em: 21 fev. 2018.

SHAO, Z.; YAN, W.; PENG, J.; ZUO, X.; ZOU, Y.; LI, F.; GONG, D.; MA, R.; WU, J.; SHI, Y.; ZHANG, Z.; TENG, M.; GONG, Q. Crystal structure of tRNA m1G9 methyltransferase Trm10: insight into the catalytic mechanism and recognition of tRNA substrate. **Nucleic Acids Res**, v. 42, n. 1, p. 509-25, nov./mar. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24081582>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SHARMA, P.; SINGH, R.P. Evaluation of antioxidant activity in foods with special reference to TEAC method. **American Journal of Food Technology**, Estados Unidos, v.8, n. 2, p.83-101, 2013. Disponível em: <https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ajft.2013.83.101>. Acesso em: 23 dez. 2017.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J. A. G. da.; SHARMA, V. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 19, n. 3, p. 193-201, jul./set. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202007000300003>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SILVA, M. A. da.; PESSOTTI, B. M. de. S.; ZANINI, S. F.; COLNAGO, G. L.; NUNES, L. de. C.; RODRIGUES, M. R. A.; FERREIRA, L. Óleo essencial de aroeira-vermelha como aditivo na ração de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.41, n.4, p.676-681, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/ S0103-84782011005000034>. Acesso em: 02 dez. 2012.

SILVA, R. B. G da.; SILVA, M. R. da. Effects of water management on growth, irrigation efficiency and initial development of *Aspidosperma polyneuron* seedlings. **African Journal of Agricultural Research,** v.10, n.35, p. 3562 – 3569, jun./ago. 2015. Disponível em: <http://www.readcube.com/articles/10.5897/AJAR2015.10088>. Acesso em: 23 jul. 2017.

SILVA, P. M.; GAUCHE, C.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**, Netherlands, v. 196, p. 309-323, abr. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26593496>. Acesso em: 23 dez. 2017.

SILVEIRA, J. A. G.; ARAÚJO, S. A. M.; LIMA, J. P. M. S.; VIÉGAS, R. A. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaClısalinity in *Atriplexnumularia*. **Environmental and Experimental Botany**, v.66,p.1ı8, 2009. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-4ad19ecf-9c3b-32b1-97cc-83a6603f8ee9 >. Acesso em 30 jan. 2018.

SINGH, B.; USHA, K. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, NET, v. 39, n. 2, p. 137-141, mar./aug. 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022556103536>. Acesso em: 23 set. 2017.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. do.; MARTIN, M. S. de.; BORTOLINI, A. J. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas 'Tupy' e 'Guarani' armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 51, n. 8, p. 950-957, aug. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n8/1678-3921-pab-51-08-00950.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2018.

SOUSA, C. M. D. M.; SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R. VIEIRA-JUNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, p. 351-355, mar./abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000200021>. Acesso em: 23 dez. 2017.

SPREER, W.; ONGPRASERT, S.; HEGELE, M. Yield and fruit development in mango (Mangifera indica L. cv. Chok Anan) under different irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 574–84, abr. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377408002357>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SZABADOS, L.; SAVOURE, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science,** 2010, v.15, p. 89-97.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Transporte de solutos. In: _____. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017, 6 ed., cap. 6, p.143-164.

TAOFIQ, O.; CALHELHA, R. C.; HELENO, S.; BARROS, L.; MARTINS, A.; SANTOSBUELGA, C.; QUEIROZ, M. J. R. P.; FERREIRA, I. C. F. R. The contribution of phenolic acids to the anti-inflammatory activity of mushrooms: Screening in phenolic extracts, individual parent molecules and synthesized glucuronated and methyla ted derivatives. **Food Research International**, Canadá, v. 76, p. 821-827, out. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996915301228>. Acesso em: 23 jan. 2018.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, MG, v. 13, n. 2, p. 149-159, ago./jan. 2007. Disponível em: < http://www.redalyc.org/html/744/74413204/>. Acesso em: 30 jun. 2017.

UPPALAPATI, S. R.; ISHIGA,Y.; WANGDI, T.; KUNKEL, B. N.; ANAND, A.; MYSORE, K. S.; BENDER, C. L. The phytotoxin coronatine contribute stopathogen fitnessand is required for suppression of salicylic acid accumulation in tomato inoculated with *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000. **Mol. Plant Microbe Interact,** Estados Unidos, v. 20, n. 8, p. 955–965, aug. 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17722699>. Acesso em: 03 nov. 2017.

VERSLUES, P.E.; SHARMA, S. Proline metabolism and its implications for plantenvironment interaction. **The Arabidopsis Book,** Estados Unidos, v.8, p.1-23, jun./abr. 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4479789/ >. Acesso em: 21 fev. 2018.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. **Manual de fisiologia vegetal.** São Luis: Edufma, 2010. 230 p.

VILLAR-SALVADOR, P.; PEÑUELAS, J. L; JACOBS, D. F. Nitrogen nutrition and drought hardening exert opposite effects on the stress tolerance of *Pinus pinea* L. seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v. 33, n. 2, p. 221-232, fev. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-24442010000300004>. Acesso: 02 dez. 2017.

VOELKER, S. L.; LACHENBRUCH, B.; MEINZER, F. C.; KITIN, P.; STRAUSS, S. H. Transgenic poplars with reduced lignin show impaired xylem conductivity, growth efficiency and survival. **Plant, Cell and Environment**, Reino Unido, v. 34, n. 4, p. 655-668, 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21309794>. Acesso em: 24 fev. 2018.

VOLKWEIS, C. R.; DRANSKI, J. A. L.; ORO, P.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de. M. Efeito da tigmomorfogênese na morfometria de mudas de *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 339-342, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/14571/pdf>. Acesso em: 08 ago. 2017.

YAMAMOTO, C. J. T.; LEITE, R. G. F.; MINAMIGUCHI, J. Y.; BRAGA, I.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Water-deficit tolerance induction during germination of Jalo Precoce bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar. **Acta Physiologiae Plantarum**, Poland, v.36, n.11, p.2897-2904, mai./jun. 2014. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201500019193>. Acesso em: 19 ago. 2017.

WANG, L. J.; FAN, L.; LOESCHER,W.; DUAN,W.; LIU, G. J.; CHENG, J. S. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. **BMC Plant Biology**, v. 10, p. 34–40, fev. 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20178597>. Acesso em: 24 set. 2017.

WENG, J. K.; CHAPPLE, C. The origin and evolution of lignin biosynthesis. **New Phytologist**, Inglaterra, v.187, p. 273–285, jun. 2010. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03327.x/full>. Acesso em: 23 nov. 2017.

WITTEK, F.; KANAWATI, B.; WENIG, M.; HOFFMANN, T.; FRANZ-OBERDORF, K.; SCHWAB, W.; VLOT, A. C. Folic acid induces salicylic acid-dependent immunity in Arabidopsis and enhances susceptibility to *Alternaria brassicicola*. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 6, p. 616-622, ago./dez. 2015. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mpp.12216/full>. Acesso em: 23 jul. 2017.

ZHANG, Y.; XU, S.; YANG, S.; CHEN, Y. Salicylic acid alleviates cadmium-induced inhibition of growth and photosynthesis through upregulating antioxidant defense system in two melon cultivars (*Cucumis melo* L.). **Protoplasma**, Alemanha, v. 252, n. 3, p. 911–924. mai./nov. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25398649>. Acesso em: 10 nov. 2017.

2 CAPÍTULO I- ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS EM MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. E *Cedrela fissilis* VELL. APÓS A APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO

2. 1 RESUMO

A *Schinus terebinthifolius* é uma espécie nativa e não endêmica do Brasil, pertencente à família Anacardiaceae e conhecida popularmente como aroeira vermelha. Enquanto que a espécie *Cedrela fissilis* Vell. pertence à família Meliaceae, nativa do Brasil, com maior incidência entre Minas Gerais e Rio Grande do Sul e conhecida popularmente como cedro ou cedro-rosa. As mudas, antes de serem expedidas a campo passam por uma série de práticas que visam melhorar sua qualidade a partir da alteração de parâmetros morfológicos, fisiológicos e bioquímicos e estudos recentes tem destacado o potencial de reguladores vegetais na indução de mecanismos ligados a defesa contra estresses bióticos ou abióticos, alterando rotas metabólicas ligadas ao desenvolvimento e crescimento das plantas. Assim, a pesquisa objetivou quantificar as alterações morfológicas e fisiológicas em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis*, resultantes da aplicação de ácido salicílico durante oito semanas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto de quatro tratamentos, com cinco repetições de 20 mudas cada. Os tratamentos foram constituídos de doses crescentes da solução de ácido salicílico: 0, 100, 200, 300 mg L^{-1}. A solução foi constituída de ácido salicílico, água deionizada e tensoativo não iônico e aplicada com pulverizador manual, semanalmente por 2 meses. A quantidade aplicada por repetição foi de 200 mL determinada a partir do ponto de escorrimento da solução. Os fatores avaliados após a aplicação do ácido consistiram dos incrementos em altura, no diâmetro do coleto, massa de matéria seca de raízes e parte aérea. Além dessas avaliações, quantificou-se a área foliar das mudas, perda de eletrólitos, teor de lignina nas raízes e caule, além dos compostos fenólicos. Em plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* a dose de 300 mg L^{-1} resultou em maior equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular. A altura, massa de matéria seca da parte aérea e raiz e área foliar reduziram, o diâmetro e o teor de lignina, no entanto, aumentaram em função da evolução das doses do ácido salicílico. Plantas de *Cedrela fissilis* são mais sensíveis às variações do meio e, por isso, doses mais altas intensificaram o efeito do estresse. Fisiologicamente, a dose de 300 mg L^{-1} do ácido salicílico aumentou os conteúdos de compostos fenólicos, perda de eletrólitos e lignina e por isso não seria recomendada, pois pode gerar desiquilíbrio no conteúdo celular. A dose de 100 mg L^{-1}para o cedro, no entanto, modificou características fisiológicas e morfológicas de interesse e neste caso seria a dose

mais indicada, demonstrando que em espécies mais sensíveis, doses menores são suficientes para alterar parâmetros de qualidade.

Palavras chave: Doses. Incremento. Potencial. Reguladores.

MORPHOPHYSIOLOGICAL CHANGES IN SEEDLINGS OF *Schinus terebinthifolius* RADDI. **E** *Cedrela fissilis* VELL. **AFTER THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID**

2.2 ABSTRACT

The *Schinus terebinthifolius* is a native and non-endemic species from Brazil, belonging to the family Anacardiaceae and popularly known as red aroeira. While the species *Cedrela fissilis* Vell. belongs to the family Meliaceae, native of Brazil, with greater incidence between Minas Gerais and Rio Grande do Sul and popularly known as cedar or pink cedar. The seedlings, before being sent to the field, undergo a series of practices aimed at improving their quality by changing morphological, physiological and biochemical parameters and recent studies have highlighted the potential of plant growth regulators in the induction of mechanisms linked to defense against biotic or abiotic stresses, altering metabolic routes linked to the development and growth of plants. Thus, the research aimed to quantify the morphological and physiological changes in seedlings of *Schinus terebinthifolius* and *Cedrela fissilis*, resulting from application of salicylic acid for eight weeks. The experimental design was completely randomized, composed of four treatments, with five replicates of 20 seedlings each. The treatments consisted of increasing doses of the salicylic acid solution: 0, 100, 200, 300 mg L^{-1}. The solution was composed of salicylic acid, deionized water and adjuvant and applied with hand sprayer, weekly for 2 months. The amount applied by repetition was 200 mL as determined from the pour point of the solution. The factors evaluated after the application of the acid consisted of the increments in height, stem diameter, dry mass of roots and aerial part. In addition to these evaluations, the leaf area of the seedlings, the loss of electrolytes, the lignin content in the roots and stem and the phenolic compounds were quantified. In young plants of *Schinus terebinthifolius* the dose of 300 mg L^{-1} resulted in a greater balance between aerial part and root system. The height, dry mass of shoot and root and leaf area reduced, the diameter and lignin content, however, increased as the salicylic acid dose progressed. *Cedrela fissilis* plants are more sensitive to environmental variations and, therefore, higher doses have intensified the effect of stress. Physiologically, the dose of 300 mg L^{-1} of salicylic acid increased the contents of phenolic compounds, loss of electrolytes and lignin and therefore

would not be recommended as it may generate imbalance in cellular content. The dose of 100 mg L^{-1} for cedar, however, modified physiological and morphological characteristics of interest and in this case would be the most indicated dose, demonstrating that in more sensitive species, smaller doses are sufficient to alter quality parameters.

Keywords: Doses. Increase. Potential. Regulators.

2.3 INTRODUÇÃO

A *Schinus terebinthifolius* é uma árvore nativa, pertencente à família Anacardiaceae, em algumas regiões do Brasil é conhecida como aroeira vermelha, pimenteira, aroeira da praia e aroeira mansa. A espécie pode ser encontrada nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga principalmente na faixa entre Rio Grande do Sul e Pernambuco (SANTOS et al., 2006; OLIVEIRA; ARAÚJO, 2007; GILBERT; FAVORETO, 2011; CARVALHO et al., 2013).

A aroeira é classificada como heliófila, perenifólia e pioneira, porém dependendo do ambiente pode ser secundária inicial ou tardia. Em decorrência de sua plasticidade fenotípica, rápida dispersão e rápido crescimento possuem grande adaptabilidade aos mais diversos habitats, desde solos úmidos e secos, profundos e rasos, argilosos e arenosos, além de serem encontradas desde o nível do mar até 2000 m de altitude (SILVA-LUZ; PIRANI, 2015).

A importância da espécie é abrangente, uma vez que possui destaque em vários segmentos, como na construção civil, carvão, lenha, alimentação humana e animal, apícola, recurso para fauna, medicinal, ornamental, corantes, óleo, resina, substâncias tanantes, cosméticos e na produção de fitoquímicos, além de ser usada na restauração de habitats (SOUZA et al., 2014; CARVALHO et al., 2015; NICKERSON; FLORY, 2015).

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. pertence à família Meliaceae, é uma nativa não endêmica do Brasil, conhecida popularmente como cedro ou cedro-rosa. A espécie é classificada como secundária inicial, mas pode ser encontrada em florestas primárias nos solos degradados e quando presente em capoeira podem se comportar como pioneiras (LELES et al., 2006; SAKURAGUI; STEFANO; CALAZANS, 2013).

Na fase inicial de desenvolvimento pode apresentar crescimento rápido, alcançando 3,5 m de altura nos primeiros dois anos. Essa espécie apresenta grande distribuição pelo País, desde a Amazônia, Cerrado até a Mata Atlântica (SAKURAGUI; STEFANO; CALAZANS, 2013).

A excelente estabilidade dimensional da madeira de *Cedrela fissilis* aliada à cor proporciona usos nobres na construção civil, naval e aeronáutica e é muito apreciada, tanto no mercado interno quanto no externo. Além disso, a espécie é largamente empregada no paisagismo e na composição de reflorestamentos heterogêneos em áreas degradadas (CAIRES et al., 2011).

O setor de produção florestal utiliza várias táticas para maximizar a produção e minimizar as perdas de mudas no plantio a campo. Algumas práticas sejam alteração no

regime de luz e temperatura, redução da frequência de regas, redução da fertilização, estímulos químicos ou mecânicos poderão modificar características morfofisiológicas de interesse nas plantas (D´AVILA et al., 2011).

A escolha da melhor prática está relacionada com as condições edafoclimáticas que as mudas estarão sujeitas após serem expedidas a campo e deverão ser modificadas de acordo com a espécie ou região em que estão sendo cultivadas.

Estudos recentes têm destacado o potencial dos reguladores vegetais na indução de mecanismos ligados a defesa contra estresses bióticos ou abióticos, alterando rotas metabólicas ligadas ao desenvolvimento e crescimento das plantas (POVH; ONO, 2008; OLIVEIRA; ABREU; PEREIRA, 2009; ORO et al., 2012; MAZZUCHELLI; SOUZA; PACHECO, 2014; HEBERLE, 2016).

O ácido salicílico (AS) é um regulador de crescimento endógeno que participa de processos fisiológicos e atua na resistência de plantas, promovendo alterações biológicas, além da regulação de enzimas, envolvidas diretamente no processo de proteção das plantas (RIVAS-SAN VICENTE; PLASENCIA, 2011).

O AS é sintetizado a partir do aminoácido fenilalanina, é considerado um sinalizador e amplificador de sinais, onde baixas concentrações (10^{-3}-10^{-6}M) podem melhorar a capacidade antioxidante nas plantas e atenuar efeito das condições adversas, altas concentrações, no entanto, podem ser prejudiciais, podendo acelerar o processo de morte das células ou aumentando a suscetibilidade a pragas e doenças, além dos estresses abióticos (JOSEPH; JINI; SUJATHA, 2010; HARA et al., 2012; MIURA; TADA, 2014; WITTEK et al., 2015).

Ao serem expostas aos estresses as mudas podem apresentar diversas respostas fisiológicas, entre elas, o aumento na atividade da peroxidase, lignificação das células, oxidação de compostos fenólicos, biossíntese de etileno e manutenção da integridade das membranas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os compostos fenólicos fazem parte de um grupo muito variado, alguns são solúveis em solventes orgânicos, outros solúveis em água e outros insolúveis, dentre eles, os flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos e ligninas, considerados multifuncionais devido à variabilidade estrutural desses compostos. Além disso, estes podem conferir durabilidade natural à madeira (OLIVEIRA; FERNANDES; RODRIGUES, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2017).

A produção de lignina é um processo que está relacionado com a evolução dos tecidos vasculares, formada a partir da fenilananina, presente no citoplasma e acumulada na parede

celular pela ação das enzimas peroxidase, lacase ou fenol-oxidase (MARJAMAA; KUKKOLA; FAGERSTEDT, 2009).

Naturalmente as plantas apresentam lignina em sua composição e juntamente com a celulose e hemicelulose são as moléculas mais abundantes do reino vegetal, esta estrutura faz parte da defesa pré-formada constitutiva bioquímica das plantas e tem sua quantidade aumentada quando exposta a alguma condição adversa (MONTEIRO et al., 2012).

Estudos têm demonstrado que o uso do estímulo químico pode estar relacionado com a produção de lignina e assim estar favorecendo o desenvolvimento e sobrevivência das mudas a campo como consequência de alterações morfométricas e fisiológicas (OLIVEIRA; ABREU; PEREIRA, 2009; DRANSKI et al., 2013; MAZZUCHELLI; SOUZA; PACHECO, 2014; CADORIN et al., 2015).

Cabe ressaltar que a produção de mudas está condicionada a vários fatores sejam estes dependentes ou não das plantas, que determinam a qualidade das mesmas, assim, estratégias para melhorar a resistência na fase de viveiro irão refletir na sobrevivência e crescimento das árvores, posteriormente.

Baseado no que foi apresentado, a pesquisa objetivou quantificar as alterações morfológicas e fisiológicas em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis*, resultantes da aplicação de ácido salicílico durante oito semanas.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na região oeste do Estado do Paraná, latitude de 24° 33’ 24’’ S, longitude de 54° 05’ 67’’ W e altitude de 420 m. De acordo com o IAPAR e segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical, mantendo a média anual de temperatura entre 22 e 23 °C, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CAVIGLIONE et al., 2001).

Os valores de umidade relativa e temperatura do ar durante a condução do experimento foram obtidos diariamente com o auxílio de um *datalogger* (Modelo KlimaLogg Smart) (Figura 1).

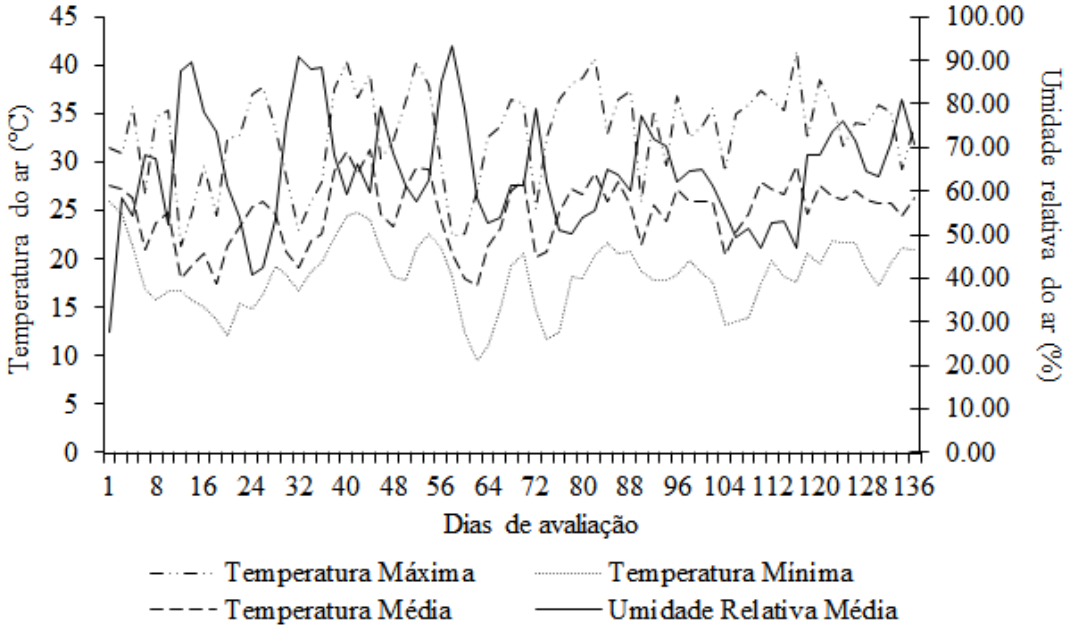

Figura 1- Valores de temperatura e média da umidade relativa do ar durante o experimento realizado com *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em estufa

Para o ensaio, foram adquiridas 400 mudas de *Schinus terebinthifolius* e 400 mudas de *Cedrela fissilis*, obtidas na Itaipu Binacional e no Instituto Ambiental do Paraná (IAP), respectivamente. As espécies, ambas com três meses de idade, foram propagadas em tubetes de 120 cm^3, preenchidas com uma mistura de solo local (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico de textura muito argilosa) e húmus, proporção 3:1.

Antes da imposição dos tratamentos, as mudas passaram por um período de aclimatação em ambiente protegido por aproximadamente 30 dias, entre os meses de agosto e setembro. Durante esse período as mudas foram fertilizadas com 3 mL de solução nutritiva, a fim de fornecer os macros e micronutrientes exigidos na fase de crescimento das mesmas, a formulação pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1- Composição da solução nutritiva para adubação de mudas

Solução nutritiva					
KH_2PO_4	$MgSO_4$	KNO_3	$Ca(NO_3)_2\ 4H_2O$	Micro Completa	Fe-EDTA
----------mL L^{-1}----------					
1,0	2,0	5,0	5,0	1,0	1,0

Antes do inicio da aplicação dos tratamentos as mudas foram avaliadas quanto à altura, diâmetro e número de folhas.

Nas mudas de aroeira, as médias obtidas foram de 14,60 cm de altura, 2,99 mm de diâmetro e número de folhas de 13,34, enquanto que em plantas de cedro, as mudas

externaram valores médios de 8,09 cm em altura, 2,51 mm em diâmetro e 6,62 de folhas. As médias foram obtidas a partir da avaliação de 400 mudas de cada espécie.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto de 4 tratamentos, 5 repetições com 20 plantas em cada, totalizando 400 mudas por espécie. Os tratamentos foram constituídos de doses crescentes da solução de ácido salicílico, onde:

- T1: 0 mg L^{-1} de ácido salicílico
- T2: 100 mg L^{-1} de ácido salicílico;
- T3: 200 mg L^{-1} de ácido salicílico;
- T4: 300 mg L^{-1} ácido salicílico;

A aplicação do regulador foi realizada semanalmente por 2 meses no período de 26 de setembro até 14 de novembro. A solução foi constituída de ácido salicílico, água deionizada e adjuvante (Agral®), 30 mL para 100 L de água. O ácido foi aplicado com pulverizador manual entre as 06h00min e 08h00min da manhã, devido às condições climáticas mais amenas neste horário.

As quantidades aplicadas por repetição (constituída de 20 mudas) foi de 200 mL, determinado a partir do ponto de escorrimento da solução.

Os tratos culturais realizados ao longo do experimento foram: irrigação com microaspersor**,** em três turnos diários de rega de 15 minutos, limpeza da área e dos tubetes e adubação com solução nutritiva, semanalmente, esta última antes do início da aplicação do indutor.

Os parâmetros avaliados após a aplicação do ácido consistiram dos incrementos na altura (IA), no diâmetro do coleto (IDC), massa de matéria seca de raízes (MMSR) e massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA). Além dessas avaliações, quantificou-se a área foliar (AF) das mudas, perda de eletrólitos (PE), teor de lignina nas raízes e caule e compostos fenólicos totais (CF).

Para a determinação da altura utilizou-se régua a partir da base do coleto até a gema apical, enquanto o diâmetro foi mensurado com paquímetro digital, onde duas medidas foram obtidas para minimizar os erros por conta da desuniformidade do caule e a partir desses valores se quantificou as médias.

Ao término da aplicação do regulador de crescimento, 20 mudas de cada tratamento foram selecionadas para determinação da AF, pelo método destrutivo direto, usando o determinador com medidor portátil modelo LI-3000A, Li-Cor, USA.

Após essa avaliação as mudas foram separadas em parte aérea e sistema radicular para a determinação da massa de matéria seca, onde as amostras foram secas em estufa de circulação de ar a 60 ºC, por 72 horas até peso constante.

Além desses dados, foi determinada a perda de eletrólitos das raízes pelo método de Wilner (1955). Primeiramente as mudas foram retiradas dos recipientes e lavadas em água corrente a fim de evitar contaminantes da superfície das raízes, seguido da lavagem em água deionizada para remover os íons presentes nas estruturas radiculares.

A porção central das raízes foi removida e descartada a fim de selecionar 0,2 g de raízes finas (<2 mm) do terço superior, em seguida foram colocadas em um recipiente com 20 mL de água deionizada. Essa mistura foi mantida a temperatura de 20 ºC por 24 horas e após esse período foi realizada a leitura da condutividade das raízes vivas (C_{vivas}) com auxilio do condutivímetro (modelo CD12/ Bel Engineering ®).

Em seguida as mesmas raízes foram autoclavadas a 100 ºC por 10 minutos e após esse procedimento o material foi mantido em temperatura ambiente até resfriamento da solução para a determinação da condutividade das raízes mortas (C_{mortas}). A perda de eletrólitos foi quantificada pela formula:

$$PER\ (\%) = (C_{viva}/C_{morta})x100 \quad (1)$$

Valores baixos para essa variável indicam que existe alta viabilidade das raízes, pois houve menor extravasamento dos íons.

Para determinação de compostos fenólicos, a metodologia usada foi de Georgé et al. (2005), onde amostras de folhas foram moídas, em moinho tipo Willye, pesadas 1 g e adicionadas em 9 mL de etanol (90%), a solução foi transferida para falcon de 15 mL e levadas para ultrassom, durante 20 minutos.

Após os procedimentos, as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 20 minutos e o sobrenadante transferido para falcons. Em seguida da obtenção do extrato, 0,5 mL do mesmo foi misturado a 2,5 mL de Folin-ciocalteu, na proporção de 1:10 (Folin:Água) e adicionado 2,0 mL de Na_2CO_3.

As amostras foram mantidas no escuro por 15 minutos a temperatura de 50 ºC e posteriormente o sobrenadante foi coletado para realização da leitura em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 760 nm. As concentrações foram determinadas e quantificados os teores de ácido gálico em mg. As amostras com leitura menores que 0,16 e maiores que 0,84 foram diluídas e essa faixa de valores foi determinada de acordo com a curva padrão para determinação dos compostos fenólicos totais. A curva pode ser visualizada na figura 2.

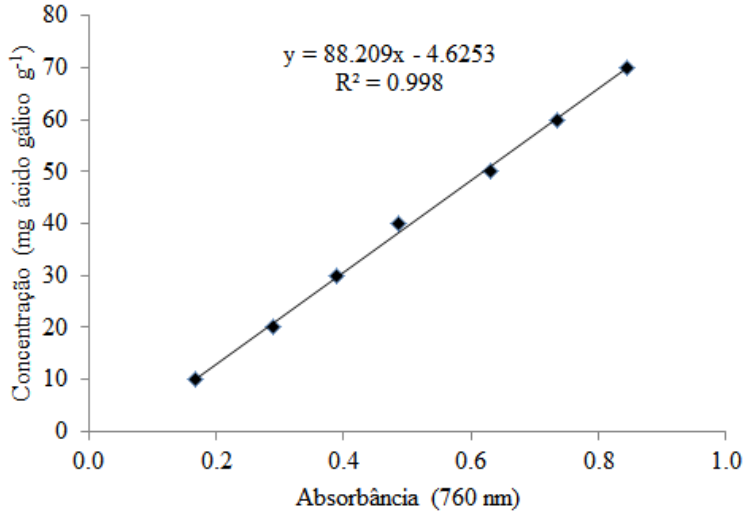

Figura 2- Curva padrão para a determinação da concentração de compostos fenólicos
Fonte: FRANÇA, D. L. B. de. (2016)

A determinação de lignina seguiu o método proposto por Van Soest (1994), onde a matéria seca de raízes e da parte aérea resultante da secagem em estufa de circulação de ar a 60 °C por 72 horas foram moídas em moinho tipo Willye e passadas em peneira de malha 40 mesh.

Amostras de 0,5 g de tecido vegetal foram acondicionadas em sacos de TNT e selados em máquina seladora. Os sacos foram colocados em frascos plásticos com capacidade de 1,0 L.

Aos frascos, foi adicionada a solução detergente ácido (FDA), preparada previamente, com 20 g de Brometo de cetiltrimetil amônio e 27,4 mL de H_2SO_4 concentrado, diluídos em 1,0 L de água na proporção de 40 mL por saco. Logo após o preparo da solução as amostras foram acondicionadas em autoclave a 100 °C por 1 hora.

Em seguida, os sacos foram lavados em água corrente (água quente e fria alternadamente) e imersos por 5 minutos em 30 mL de acetona P.A., após a lavagem e secagem em estufa a 105 °C por 8 horas foi realizada a pesagem (amostras em temperatura ambiente).

A extração consistiu na imersão dos sacos de TNT por 3 horas em 2L de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 72%. Após a imersão em ácido, as amostras foram lavadas em água corrente, novamente o material foi seco em estufa de circulação de ar, por 8 horas a 105 ºC e obteve-se o peso do material. Após a pesagem, os sacos de TNT foram acondicionados em cadinhos de porcelana e submetidos à carbonização em mufla a 550 ºC por 3 h.

Ao final do procedimento, novamente realizou-se a pesagem do material resultante da carbonização. Os teores de lignina foram expressos, após a transformação, em g kg^{-1} e obtidos de acordo com a equação descrita abaixo.

$$\text{Lignina (\%)} = [(RES_{AS} - RES_C)*(100/2*MA)/MA \quad (2)$$

Onde: RES_{AS} = matéria seca resultante da digestão sulfúrica; RES_C = matéria seca resultante da carbonização; MA = matéria seca inicial.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste Bartlett e Shapiro-Wilk a fim de testar a homogeneidade e normalidade dos dados, seguido da análise de variância. Mediante a significância dos dados pelo teste F, estes foram desdobrados pelo teste de Dunnett.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento das doses de ácido salicílico resultou na redução do incremento em altura nas mudas de *Schinus terebinthifolius,* porém não houve diferença estatística significativa ($P>0,05$) entre as doses de 0, 100 e 200 mg L^{-1} do indutor. As médias obtidas para a mesma espécie foram de 5,06; 5,09; 4,86 e 3,67 cm para os tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 3A).

Para o tratamento 4, equivalente a dose de 300 mg L^{-1} se obteve a menor média, esse resultado ocorre porque mudas ao serem expostas a alguns estresses, seja o hídrico, salino, luminoso ou térmico suprimem o crescimento primário e favorecem o crescimento secundário (LUNDQVIST; VALINGER, 1996; MOREL et al., 2012).

Nesse sentido, a quantidade de ácido salicílico pode ter sinalizado proteínas, enzimas e genes específicos que atuam na proteção das plantas, simulando uma condição de estresse e assim deixando as mesmas preparadas para as situações que irão enfrentar ao serem expedidas a campo, assim houve redução da parte aérea a fim de equilibrar o sistema como um todo.

Outra justificativa é que o ácido salicílico é requerido em pequenas quantidades, aproximadamente 10^{-3} a 10^{-6}M pelas plantas e as doses usadas na pesquisa, por serem maiores, podem ter ocasionado algum estresse no desenvolvimento das mesmas, pois além das quantidades aplicadas exogenamente, a planta também produz baixas concentrações desse indutor.

Desta forma, a aplicação exógena excessiva ou realizada de maneira incorreta pode ocasionar desbalanço hormonal nos vegetais, além de afetar a rota de outros metabólitos, pois mesmo que esse composto não esteja sendo exigido naquela situação, a planta irá realizar normalmente as atividades de síntese e assimilação do mesmo.

Entretanto a partir do momento que o regulador entra no vegetal precisará passar por todos os procedimentos normais a fim de equilibrar o funcionamento da maquinaria vegetal, tendo que ser assimilado, transformado pela via dos metabólitos secundários, convertido em moléculas compatíveis com a função que irá desempenhar no vegetal e ser transportado. Para realização desses procedimentos haverá gastos metabólicos, culminando em perda energética e compostos essenciais.

Por isso é imprescindível que estudos sejam realizados a fim de quantificar quais as doses mais indicadas, período de exposição aos tratamentos, época de aplicação e características a serem moduladas para simular de forma mais precisa o que ocorre naturalmente nos vegetais, pois quando a planta enfrenta qualquer condição adversa, a síntese desses compostos, que já ocorre naturalmente tem seus teores incrementados, porém em baixas concentrações.

Em mudas de *Cedrela fissilis* a análise dos resultados indicou diminuição do incremento em altura do tratamento controle para os demais tratamentos. As médias dos incrementos foram de 1,93; 1,72; 1,71; 1,68 cm à medida que aumentaram as doses do ácido (Figura 3B).

Resultados diferentes foram obtidos por Mazzuchelli, Souza e Pacheco. (2014), onde a aplicação de AS resultou no aumento em altura das plantas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13) para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cadorin et al. (2015), onde a análise dos resultados apresentou uma redução no incremento em altura, de aproximadamente 42% em mudas de *Cordia trichotoma* ((Vell.) Arrab. Ex Steud) na concentração de 50 μmol L^{-1} de metil jasmonato durante 4 e 8 semanas.

Em plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* a redução foi de 27,47 e 12,95%, respectivamente do tratamento controle para a dose máxima do regulador de crescimento.

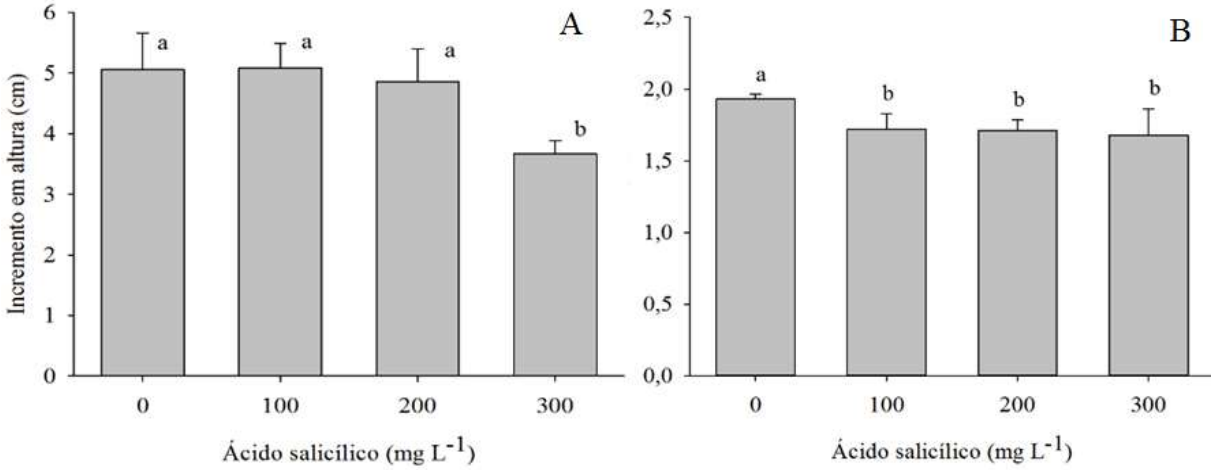

Figura 3- Incremento em altura (IA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

O aumento das doses de ácido salicílico em mudas de *Cedrela fissilis* resultou em um aumento no incremento em diâmetro e os tratamentos 1 (2,45 mm) e 2 (2,49 mm) não diferiram entre si (P>0,05), porém foram diferentes estatisticamente do tratamento 3 (2,72 mm) e 4 (2,91mm). Do tratamento controle para a dose máxima do regulador o aumento foi de 18,78% (Figura 4).

O aumento nas doses de AS favoreceu o desenvolvimento do caule nas plantas, isso pode ser vantajoso porque o crescimento secundário está diretamente ligado ao desenvolvimento da raiz, além disso, pode facilitar e melhorar o acúmulo de fotossintatos no sistema radicular e amenizar o efeito dos estresses nas plantas, por ativar rotas ligadas ao metabolismo secundário que atuam como protetores nos vegetais.

O diâmetro irá determinar o potencial da muda e sua sobrevivência a campo, geralmente mudas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência quando expostas a algum tipo de estresse, principalmente por apresentarem maior capacidade de formação de novas raízes, como foi reportado em estudos desenvolvidos por Del Campo, Navarro e Ceacero (2010) em mudas de *Quercus ilex L.*

Mudas de *Schinus terebinthifolius* não externaram alterações no incremento em diâmetro do coleto em função das doses de AS e os valores variaram de 1,71 a 1,86 mm.

Em trabalhos desenvolvidos por Heberle (2016) em mudas da espécie *Patagonula americana* L. com a aplicação de ácido jasmônico se obteve um aumento no incremento em diâmetro em 110,7% com a aplicação de 1,5µmol L^{-1}, porém, não havendo diferença estatística significativa (P>0,05) da concentração de 0,5 µmol L^{-1}.

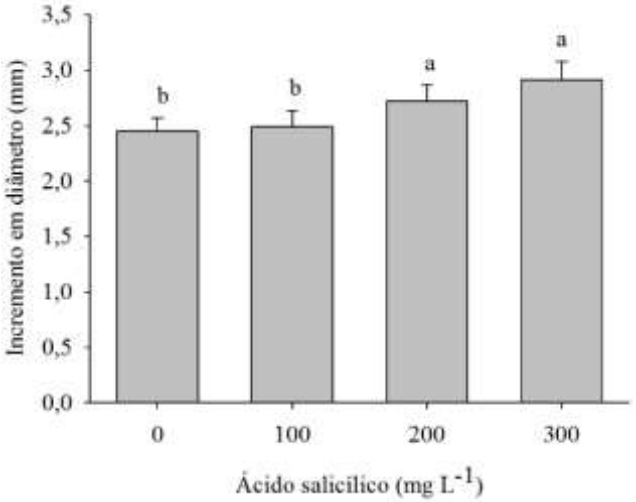

Figura 4- Incremento em diâmetro (ID) em mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

As mudas, a fim de apresentarem maior equilíbrio da parte aérea e consequentemente, maior resistência ao serem levadas a campo devem apresentar maior diâmetro, neste sentido, um dos objetivos das práticas rustificativas realizadas em viveiro é favorecer o crescimento secundário das mudas (GOMES; PAIVA, 2004).

Outro parâmetro de grande importância e que irá refletir diretamente na produtividade das plantas é a área foliar, pois sua quantificação poderá predizer e induzir a conversão de energia luminosa em energia química, dessa maneira, quanto maior a área foliar maior a produção de fotoassimilados por meio da fotossíntese, porém maior será a perda de água por transpiração.

As análises dos dados de área foliar em mudas de *Schinus terebinthifolius* revelaram que os tratamentos nas doses de 100, 200 e 300 mg L^{-1} diferiram do tratamento controle e as médias obtidas em ordem crescente foram de 360,98; 297,87; 283,01 e 283,69 cm^2 (Figura 5).

A justificativa para a diminuição da área foliar com o aumento da dose de AS pode estar relacionada ao ácido ter imposto a muda a uma condição de estresse, como mecanismo de defesa, a planta pode ter desencadeado uma série de atividades bioquímicas e fisiológicas ligadas à produção de substâncias vinculadas a senescência foliar e alongamento foliar.

Porém é importante destacar que a aplicação do ácido salicílico culminou na diminuição dessa variável para promover maior equilíbrio entre o sistema radicular e a parte aérea. A massa de matéria seca da parte aérea reduziu em 15,41%, concordando com a diminuição na área foliar.

A aplicação de reguladores vegetais pode reduzir a expansão foliar como estratégia de restituir o equilíbrio do vegetal, essa estratégia é benéfica, pois reduz a área evapotranspiratória, porém reduz a assimilação e fixação de CO_2 e consequentemente a produção de compostos de carbono que serão utilizados na síntese de energia, por isso, apesar de trazer benefícios em curto prazo, à redução da área foliar pode ser prejudicial por um longo período de tempo, assim como o fechamento estomático, que também é consequência da aplicação de reguladores.

Os resultados obtidos para a área foliar em mudas de *Cedrela fissilis* não demonstraram diferença significativa (P>0,05) em função do acréscimo das doses de ácido salicílico e a média dos tratamentos foi de 285,16 cm^2.

Estudo desenvolvido por Dranski et al. (2013) relataram redução da área foliar em mudas de *Pachystroma longifolium* (Ness) e redução de 28% da parte aérea quando tratadas com ethephon na concentração de 600 mg L^{-1}.

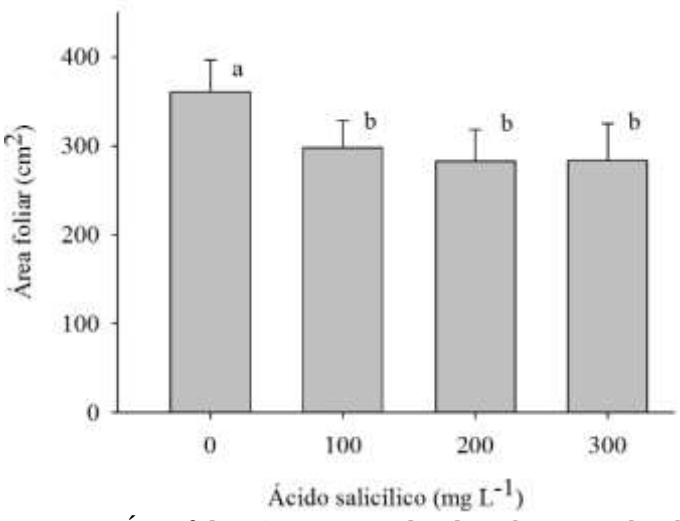

Figura 5- Área foliar (AF) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

A massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* não demonstrou diferença estatística entre os tratamentos 1 e 2, porém diferiram dos tratamentos 3 e 4 que foram semelhantes entre si (Figura 6A).

As médias obtidas para os tratamentos 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1} foram de 9,54; 9,10; 8,22 e 8,07 g, apresentando uma redução de, aproximadamente, 15,41% do tratamento 1 para o 4, como pode ser observado na Figura 5A.

Esse resultado pode estar relacionado com a diminuição da altura da parte aérea e número de folhas, pois o ácido salicílico pode ter promovido redução na parte aérea a fim de

equilibrar o crescimento da planta e melhorar a sobrevivência e desenvolvimento das mesmas por meio de modificações morfológicas que tornem as mudas mais adequadas ao plantio.

Em mudas de cedro não houve diferença significativa (P>0,05) até a dose de 200 mg L^{-1} e os tratamentos apenas diferiram para a dose máxima do indutor, as médias foram de 3,39; 3,44; 3,51 e 3,20 g à medida que as doses de AS aumentaram (Figura 6B).

Os hormônios são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas e concentrações próximas de 0,5 a 1,0 mM podem ativar, inibir ou modificar rotas metabólicas importantes, porém essa quantidade pode variar de acordo com as características intrínsecas e extrínsecas da espécie (YUAN; LIN, 2008).

Assim, a dose de 300 mg L^{-1} em mudas de *Cedrela fissilis* pode ter inibido atividades fisiológicas importantes e refletido em alterações morfométricas, reduzindo assim, a área foliar e consequentemente a massa de matéria seca da parte aérea.

Em mudas de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze a aplicação de ethephon resultou em uma redução média de 22% na matéria seca da parte aérea, em comparação ao tratamento controle, sem alterar a taxa de crescimento do sistema radicular (ORO et al., 2012).

Segundo Gomes e Paiva (2004), a massa de matéria seca da parte aérea pode indicar maior ou menor rusticidade e se correlacionar com o desempenho inicial das mudas pós-plantio.

Alguns compostos químicos quando aplicados nas plantas ou produzidos em quantidade superior ao ideal podem trazer vários efeitos, como queda de folhas, diminuição da área foliar, resultando em redução na massa de matéria seca da parte aérea e raízes, pois os hormônios vegetais apresentam mecanismos de síntese e inibição em função das concentrações (mecanismo de feedback).

Campos et al. (2010) verificaram redução estatística significativa de massa seca da parte aérea e na área foliar com a aplicação de ethephon em plantas de *Gladiolus communis* L., devido a elevada queda de folha a medida que as doses do indutor aumentaram.

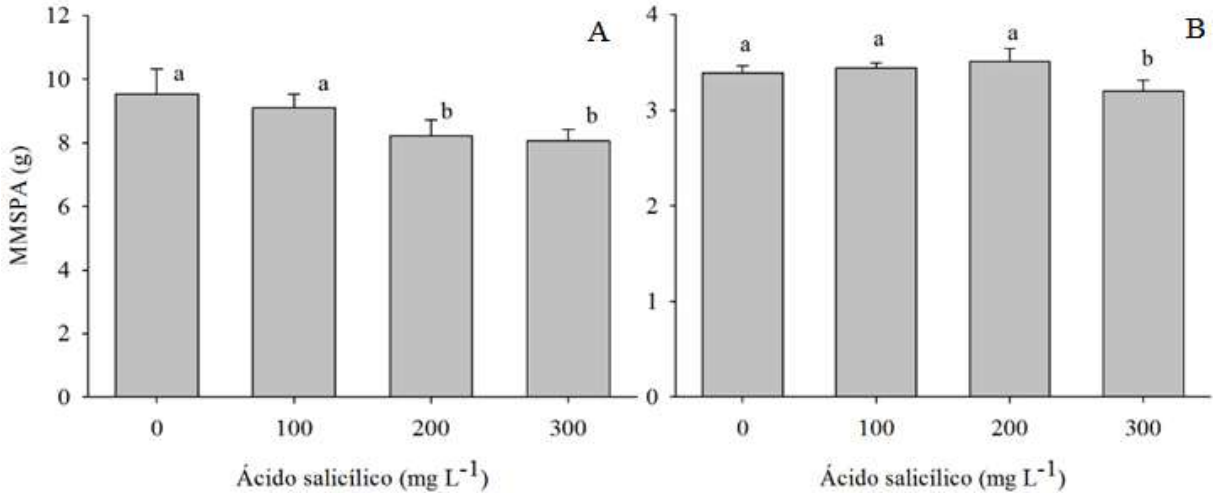

Figura 6- Massa de matéria seca da parte aérea (MMSPA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Para a massa de matéria seca da raiz em mudas de *Schinus terebinthifolius* não houve diferença entre as doses de ácido salicílico aplicadas e os tratamentos só diferiram do controle (0 mg L^{-1}). As médias obtidas para os tratamentos foram de 10,72; 8,20; 8,37 e 7,86 g e houve uma redução de 26,68 % do tratamento 1 para o tratamento 4, como pode ser visualizado na Figura 7A.

Resultados semelhantes foram obtidos por Oro et al. (2012) para o parâmetro massa de matéria seca da raiz em mudas de *Cariniana estrellensis*, onde a testemunha apresentou maiores valores em relação aos demais tratamentos com a aplicação de ethephon, isso pode ser justificado pela redução da parte aérea, neste sentido, a planta, a fim de equilibrar o crescimento parte aérea/sistema radicular apresentou também uma diminuição na raiz.

Para as mudas de *Cedrela fissilis* o tratamento controle não diferiu da dose de 100 mg L^{-1} e as médias foram de 3,09 a 3,32 g de massa de matéria seca da raiz para os respectivos tratamentos.

Nas concentrações de 200 e 300 mg L^{-1} as médias foram semelhantes entre si e obtiveram valores maiores do que as anteriores, 3,70 e 3,73 g, respectivamente (Figura 7B), diferente da espécie anterior, houve aumento na biomassa das raízes em 20,71%.

As espécies de *Cedrela fissilis* e *Schinus terebinthifolius* respondem de maneira distinta a aplicação do ácido salicílico e vários fatores, como idade da planta, características fisiológicas, bioquímicas, morfológicas e classificações ecológicas irão influenciar.

Resultados semelhantes foram obtidos por Volkweis et al. (2014), onde a massa seca da raiz em mudas de *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. cresceu quando à frequência das flexões caulinares aumentaram para os tamanhos de mudas testadas.

Segundo Jacobs e Landis (2009) na fase de viveiro, as plantas passam por um período de aclimatação, onde o vegetal irá redirecionar parte da energia que seria utilizada no desenvolvimento da parte aérea para o crescimento do sistema radicular, assim, a biomassa das raízes tende a aumentar, devido ao acúmulo de fotoassimilados nessa região. Neste sentido, a aplicação do ácido salicílico pode ter ocasionado essa resposta nas plantas e por isso aumentado a massa de matéria seca das raízes em mudas de *Cedrela fissilis.*

Rivas-San Vicent e Plasencia (2011) sugeriram vários mecanismos por meio dos quais o ácido salicílico pode afetar de forma positiva a produção da biomassa nas plantas, dentre eles a existência de interações cruzadas entre o AS e outros fitormônios, como as citocininas, etileno, auxinas, giberelinas, ácido jasmônico e ácido abscísico que podem atuar de forma sinérgica ou antagônica inibindo ou melhorando o crescimento e desenvolvimento das mesmas.

Assim, o AS pode contribuir na regulação dos vegetais embora, a maioria dos mecanismos bioquímicos resultantes dessas alterações permaneça desconhecido (PÁL et al., 2014).

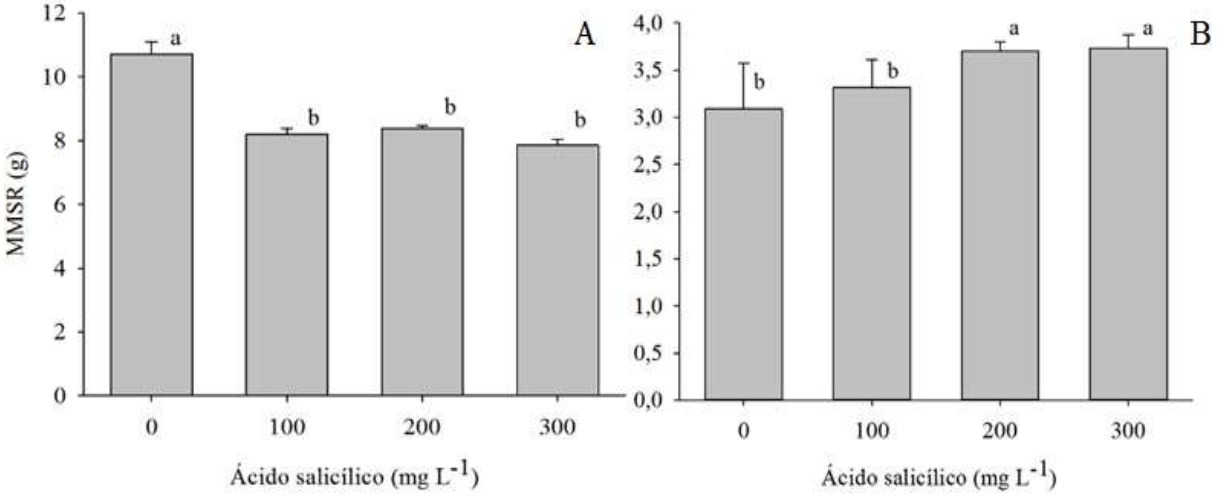

Figura 7- Massa de matéria seca da raiz (MMSR) em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Mudas quando expostas a condições adversas, sejam de natureza biótica ou abiótica, poderão apresentar respostas diversas. Quando se detecta sintomas visuais de estresse os vegetais já sofreram ao nível celular, molecular e fisiológico e neste sentido, para se detectar

de forma mais precisa essas respostas recomenda-se o uso de análises que quantifiquem essas alterações.

A perda de eletrólitos é uma analise fisiológica que detecta a quantidade de íons que extravasaram da membrana, isso ocorre quando a planta é submetida a condições atípicas que resultam na perda da seletividade da membrana, levando a morte das células. Quanto menor o valor observado para a perda de eletrólitos maior a integridade na membrana (LANDIS; DUMROESE; HAASE, 2010).

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* os valores obtidos foram de 45,15; 54,33; 51,99 e 39,23% à medida que se aumentou as doses de AS (Figura 8A), demonstrando que a dose máxima alterou minimamente a integridade da membrana, não comprometendo significativamente o sistema celular, porém este tratamento não diferiu do controle.

Além disso, não se recomenda a aplicação das doses de 100 e 200 mg L^{-1}, pois os valores foram incrementados, resultando em maior extravasamento de íons e contribuindo para o estresse das mudas e menor capacidade de estabelecimento a campo.

Doses específicas irão refletir em respostas peculiares, assim, doses mais baixas podem não ser suficientes para gerar resultados significativos nas plantas ou mesmo podem gerar respostas negativas, pois as características das plantas também irão influenciar nos resultados obtidos.

Em estudos anteriores autores discutiram que em determinadas situações o trânsito de solutos nas células poderá favorecer o equilíbrio osmótico das mesmas, induzindo tolerância a diversos estresses ambientais, assim a saída e entrada dessas substâncias podem ser benéficas desde que a seletividade da membrana não seja corrompida (GUO et al., 2010).

Em mudas de *Cedrela fissilis* os tratamentos 2, 3 e 4 diferiram apenas do tratamento controle e as médias obtidas foram de 16,90; 20,50; 22,03 e 21,60% em ordem crescente de acordo com a aplicação do ácido salicílico (Figura 8B).

Assim, infere-se que fisiologicamente, a aplicação de ácido salicílico gerou uma condição estressante para a espécie e como consequência a liberação dos solutos presentes nas células, podendo resultar na plasmólise e desiquilíbrio do potencial eletroquímico, porém isso é dependente da intensidade que esses tecidos serão atingidos.

Trabalho desenvolvido por Oro et al. (2012) em mudas de *Cariniana estrellensis* e com a aplicação de ethephon resultou em menores médias nas concentrações de 100 a 300 mg L^{-1}, demonstrando maior resistência de membrana ao extravasamento de íons para o meio extracelular.

Em relação às duas espécies a imposição dos tratamentos parece ter sido mais prejudicial para as mudas de cedro, pois apesar dos valores terem sido menores, o que pode indicar que a espécie estaria menos estressada, houve aumento do parâmetro com a aplicação da maior concentração do regulador vegetal, diferente do que foi obtido nas plantas de *Schinus terebinthifolius*, entretanto não houve comparação estatística entre as espécies.

Para a aroeira a redução da dose de 100 mg L^{-1} (onde se obteve o maior valor) para a dose de 300 mg L^{-1} foi de 27,79%. Enquanto que, para o cedro o aumento foi de 30,35% do tratamento controle para a dose de 200 mg L^{-1} do AS (maior média obtida), sem, no entanto, externar diferença estatística entre as doses do AS.

Naturalmente, íons são translocados de uma célula para outra e esse transporte é mediado por membranas celulares ou através de proteínas carreadoras, em condições atípicas, a seletividade das membranas é comprometida e por isso, valores altos de extravasamento de íons podem indicar maior estresse em função dos tratamentos.

Para as plantas de *Schinus terebinthifolius* a dose recomendada seria a de 300 mg L^{-1}, pois resultou em redução da perda de eletrólitos, não diferindo do tratamento controle. Em contraste, para as mudas de *Cedrela fissilis*, a aplicação do ácido resultou em aumento desses teores e por isso, ao se avaliar os parâmetros fisiológicos, a aplicação do regulador não é recomendada.

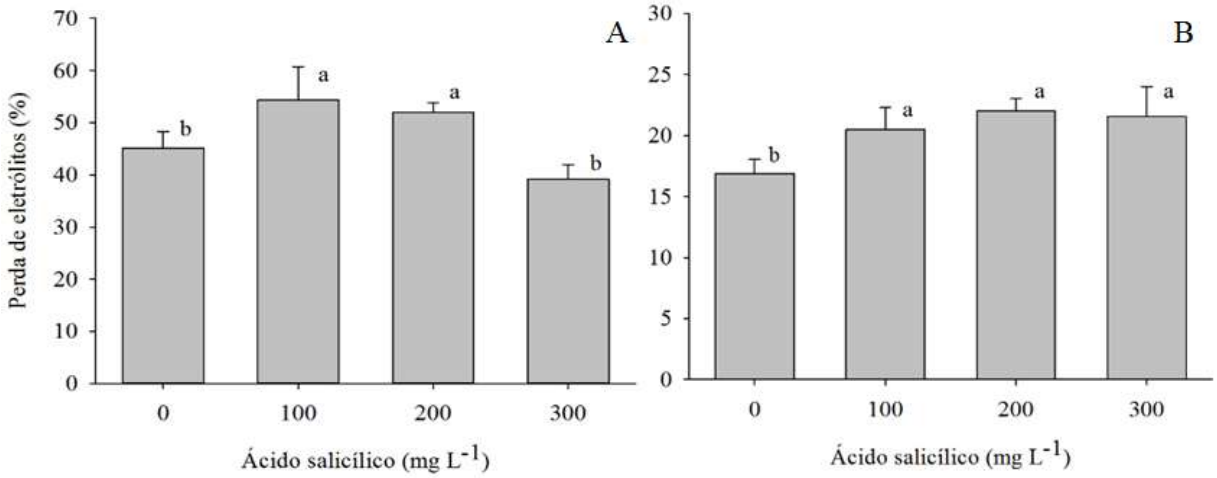

Figura 8- Perda de eletrólitos (PE) em raízes de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários presentes nos vegetais e formados a partir da ligação entre um anel aromático e um ou mais grupos hidroxílicos (-OH).

A síntese dos mesmos ocorre por duas vias principais, a do ácido chiquímico e do malônico (SOUZA et al., 2007; SILVA et al., 2010; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Para a quantificação do teor de compostos fenólicos as doses de 100 e 200 mg L^{-1} de ácido salicílico em mudas de *Schinus terebinthifolius* não diferiram do tratamento controle, apenas o tratamento equivalente a aplicação de 300 mg L^{-1} de AS resultou em diferenças estatísticas significativas (P>0,05).

As médias obtidas foram de 16,23; 13,84; 14,15 e 20,46 mg ácido gálico g de MS e o aumento percentual do menor valor (100 mg L^{-1}) para o maior (300 mg L^{-1}) foi de 47,83% (Figura 9A).

Isso pode ser explicado pela hipersensibilidade das células associado às respostas das plantas ao ácido salicílico, fato que pode ter contribuído para o aumento nos teores de compostos fenólicos, fundamentado no fato de que doses baixas podem causar alterações significativas nos vegetais.

O aumento na concentração de compostos fenólicos pode ser positivo, pois estes exercem inúmeras funções nas atividades metabólicas, principalmente na proteção das plantas contra agentes antioxidantes e espécies reativas de oxigênio (EROs), atuando na captura de elétrons na cadeia transportadora e ligando-os a esses radicais, evitando o inicio da oxidação e protegendo as membranas das células, secundariamente o aumento desses compostos irá sinalizar a planta para a condição de estresse (MA; MA; WANG, 2011; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Entretanto, resultados negativos também podem ser observados em detrimento do aumento desses compostos nas plantas, pois a energia e os compostos principais que seriam utilizados no metabolismo primário serão realocados para o metabolismo secundário e assim, algumas atividades essenciais podem cessar ou até mesmo serem paralisadas, dificultando o desenvolvimento normal dos vegetais.

A dose de 2,0 mM de ácido salicílico aumentou a síntese de compostos fenólicos e a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase, melhorando a tolerância em plantas de *Citrus limon* L. sob refrigeração (SIBOZA; BERTLING; ODINDO, 2014).

As doses de 0, 200 e 300 mg L^{-1} do ácido não diferiram entre si (P>0,05) em mudas de *Cedrela fissilis* e as médias obtidas foram de 16,93; 16,43 e 17,89 mg ácido gálico g de MS, respectivamente.

O menor valor obtido foi de 14,03 mg ácido gálico g de MS em mudas de cedro para o tratamento 2 (Figura 9B), reforçando que o cedro, por ser mais sensível que a aroeira as variações do meio são estimuladas por doses menores, neste caso, a dose de 100 mg L^{-1} não

gerou estresse na planta, pelo contrário, amenizou os efeitos do mesmo, reduzindo os teores de compostos fenólicos.

A média obtida para a determinação de compostos fenólicos nas cascas de plantas de *Anadenanthera peregrina* VELL. em função da classe diamétrica foi de 11,73% (SARTORI; CASTRO; MORI, 2014).

Para a *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis*, as maiores médias para compostos fenólicos foram obtidas onde se aplicou a dose máxima (300 mg L^{-1}) do indutor (20,46 e 17,89 mg ácido gálico g de MS, respectivamente). Porém, a composição de compostos fenólicos irá varia em função da espécie, cultivar, estádio fenológico, condições edáficas e climáticas.

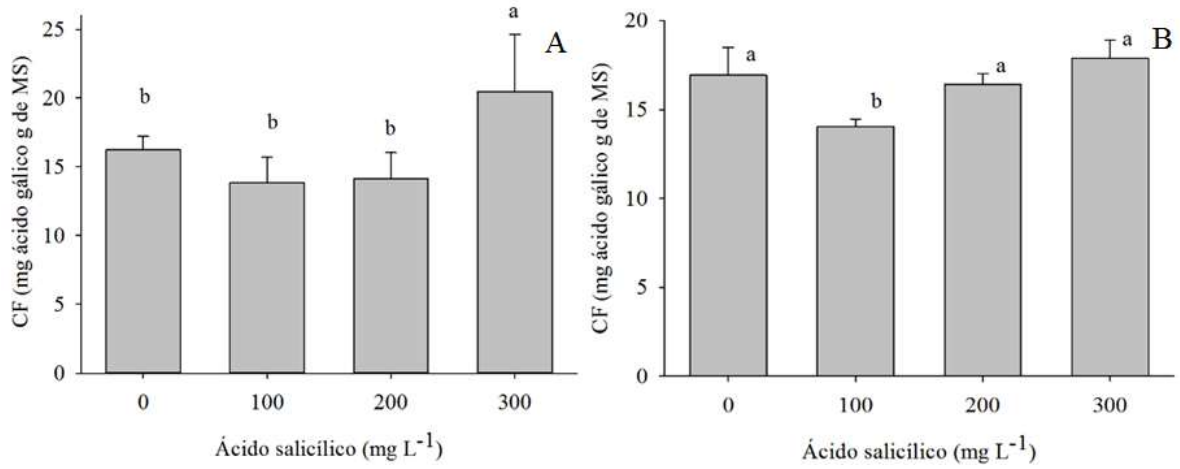

Figura 9- Compostos fenólicos (CF) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

As quantidades de compostos fenólicos podem aumentar em condições onde os processos biológicos são prejudicados e esses teores podem variar em função da temperatura, disponibilidade hídrica, luminosidade, disponibilidade de nutrientes, infestação de pragas e patógenos, além de danos mecânicos e químicos (GOBBO-NETO et al, 2007; RAMAKRISHNA; RAVISHANKAR, 2011; NCUBE et al., 2012).

Temperaturas elevadas, acima de 35 ºC tem influência direta na composição de fenóis na planta, primeiramente por estar relacionado com a abertura e fechamento estomático e consequentemente concentração interna de CO_2, segundo por atuar na ativação e inativação de enzimas que atuam na proteção e desenvolvimento dos vegetais e quanto maior a temperatura maior o risco de degradação ou inativação das mesmas.

Além disso, altas temperaturas e a luminosidade podem interromper a cadeia transportadora de elétrons contribuindo para a formação dos compostos fenólicos.

As mudas de *Cedrela fissilis* e *Schinus terebinthifolius* foram expostas a inúmeras oscilações climáticas, como por exemplo, a temperatura, que chegou a 37,4 ºC durante o período do experimento como pode ser observado na Figura 1, assim infere-se que outros fatores, não apenas a aplicação do ácido salicílico pode ter contribuído para os resultados obtidos.

Além do mais, as plantas, naturalmente são expostas à intensa radiação solar, ocasionando a degradação de pigmentos de extrema importância para os processos fotossintéticos e este processo é denominado fotoxidação. Para proteger essas moléculas contra a degradação, as plantas podem sintetizar compostos de origem fenólica para atuarem na absorção da radiação nas camadas epidérmicas dos tecidos, dificultando a oxidação das células (GOBBO NETO; LOPES, 2007).

Esse resultado pode ser claramente visualizado quando se relaciona os teores de clorofila (Figura 2- Capítulo II) com o aumento dos compostos fenólicos em mudas de *Cedrela fissilis*, demonstrando, que nesta fase a planta estaria passando por um período de estresse.

Inicialmente os maiores teores de CF são obtidos no tratamento controle e na dose de 300 mg L^{-1} com médias de 16,93 e 17,89 mg ácido gálico g de MS, respectivamente. Os maiores teores de clorofilas totais também foram observados para os mesmos tratamentos, obtendo médias de 116,66 µmol m^{-2} para a dose de 0 mg L^{-1} e valor de 101,98 µmol m^{-2} para a dose máxima do indutor de crescimento.

Proveniente da rota metabólica dos compostos fenólicos, a lignina está presente na maioria dos tecidos, porém é mais abundante em caules e raízes (RAES et al., 2003; ROGERS; CAMPBELL, 2004). As utilizações das práticas de viveiro visam aumentar seus teores, tanto em caules quanto nas raízes a fim de reduzir as perdas de água e solutos em condições de estresse, justificando a aplicação de doses mais altas de reguladores vegetais.

Como pode ser visualizado na Figura 10A, os teores de lignina no caule de *Schinus terebinthifolius* foram maiores na dose máxima do ácido salicílico e a média foi de 293,97 g kg^{-1}, o aumento percentual do tratamento 2 para o 4 foi de 23,63%. Interessante destacar que o tratamento onde foi aplicado a dose de 100 mg L^{-1} do indutor não diferiu da concentração de 200 mg L^{-1}.

O indutor de crescimento utilizado na pesquisa proporcionou um incremento na lignina, tornando as plantas mais preparadas aos intempéries, dificultando a degradação e melhorando o rendimento e qualidade da madeira.

E apesar da determinação de lignina não ser considerada como atributo de qualidade serve para predizer quais mecanismos internos ou externos das plantas estão sendo alterados, pois essa molécula pode desempenhar inúmeras atividades no metabolismo dos vegetais (MALAVASI et al., 2016).

Além disso, esse parâmetro está diretamente relacionado com a sobrevivência, crescimento e desenvolvimento das mudas a campo, podendo afetar variáveis como massa de matéria seca e fresca da parte aérea, além do diâmetro do coleto, pois entre as funções da lignina tem-se o enrijecimento do caule, podendo promover um aumento no volume das mesmas.

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* a maior média para o incremento em diâmetro foi obtido no tratamento 4 (300 mg L^{-1}) concordando com os resultados obtidos para a determinação de lignina na mesma estrutura.

Os menores valores de lignina foram observados para plantas tratadas com as doses de 100 e 200 mg L^{-1} e as médias foram de 237,79 e 227,91% (Figura 10A).

Tal resultado pode ser explicado porque cada espécie apresenta necessidades distintas em relação às quantidades de hormônios exigidos, a *Schinus terebinthifolius*, por ser uma espécie mais rústica e menos exigente as condições do meio necessitaram de maiores doses para estimular a produção dessa macromolécula, baseado no fato de que o aumento do indutor poderá simular uma condição de estresse a fim de estimular a produção dos metabólitos secundários.

Para a maioria dos tratamentos as concentrações de lignina nas raízes da *Schinus terebinthifolius* foram maiores em relação aos teores observados no caule e a partir da dose de 200 mg L^{-1} esses teores foram incrementados, não diferindo, no entanto do tratamento controle. Assim como foi obtido anteriormente, a dose de 100 mg L^{-1} externou a menor média para esse parâmetro.

As médias obtidas foram de 320,04; 270,83; 304,81 e 316, 46 g kg^{-1} à medida que as doses do ácido aumentaram (Figura 10B).

Os maiores valores obtidos com o aumento das doses podem ser justificados porque as mudas, naturalmente, sofrem diversos estresses oxidativos a fim de estimular a ativação enzimática para desencadear atividades fisiológicas, bioquímicas ou estruturais, melhorarando o desenvolvimento normal das plantas, deixando-as aptas para as condições adversas que

poderão ser expostas posteriormente (GOTTLIEB; BORIN; KAPLAN, 1995; WENG; CHAPPLE, 2010).

A lignificação dos tecidos no sistema radicular pode se relacionar com a perda de eletrólitos, em mudas de *Pinus taeda* esses valores se correlacionaram e reduziram a sobrevivência das mudas aos 90 dias e quanto menor a integridade da membrana, maior a permanência das mudas a campo (DRANSKI et al., 2015).

A maior média obtida para o teor de lignina em raízes de *Schinus terebinthifolius* foi observado na dose de 300 mg L^{-1}, no mesmo tratamento onde se obteve menor média de perda de eletrólitos, isso é consequência do maior enrijecimento dos tecidos e membranas e dessa forma menor perda de íons pelas membranas.

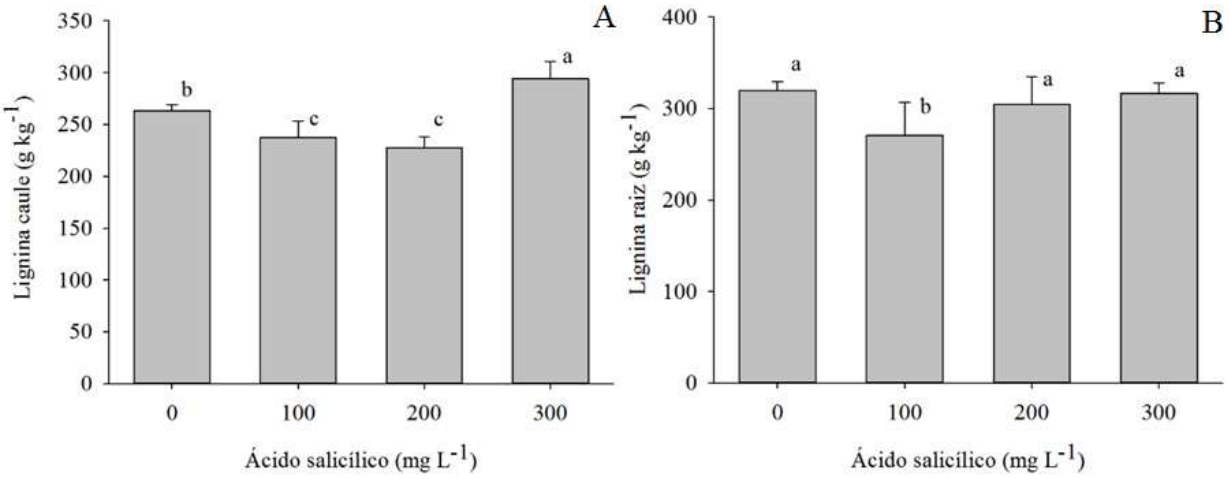

Figura 10- Teor de lignina em caule (A) e raiz (B) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Em mudas de *Cedrela fissilis* o teor de lignina no caule não diferiu estatisticamente com a aplicação do ácido salicílico e a média foi de 177,59 g kg^{-1}.

Em trabalhos desenvolvidos por Gôuvea et al. (2015) em plantas de eucalipto, o teor de lignina variou entre 280,8 e 317,0 g kg^{-1}.

O menor teor de lignina em raízes de *Cedrela fissilis* foi observado no tratamento controle, porém diferente do que foi encontrado na espécie anterior, a dose de 100 mg L^{-1} refletiu na maior média (271,46 g kg^{-1}), apenas esse tratamento diferiu dos demais. A partir dessa dose os teores de lignina foram decrescentes e a redução foi de 24,11% em relação à dose de 300 mg L^{-1} (Figura 11).

A aplicação de 100 mg L^{-1} seria a mais recomendada neste caso, pois foi aquela que resultou em maiores valores e, teoricamente promoveu maior enrijecimento e fortalecimento

das paredes celulares, deixando as mudas menos suscetíveis a pragas e doenças, além de melhorar a resistência contra fatores abióticos.

Uma justificativa é que o cedro é uma espécie mais sensível às variações ambientais e assim esta dose, especificamente pode ter gerado uma grande alteração no metabolismo do vegetal, sinalizando uma condição de estresse e assim aumentando os teores de lignina como estratégia de defesa das plantas.

Porém é interessante destacar que essas quantidades irão variar de acordo com a espécie, estágio de desenvolvimento, condições climáticas, nutricionais, hídricas, além da sanidade e genética das plantas.

As médias obtidas de acordo com o aumento nas doses de AS para o cedro foram de 196,41, 271,46; 229,73 e 206,02 g kg^{-1} (Figura 11).

Em plantas de *Simarouba glauca* DC. a aplicação foliar de 50 mg L^{-1} do ácido salicílico aumentou o nível de metabolitos secundários, dentre eles, cumarinas, lignina, esteróis, xantoproteínas, glicósidos cardíacos e saponinas (AWATE; GAIKWAD, 2014).

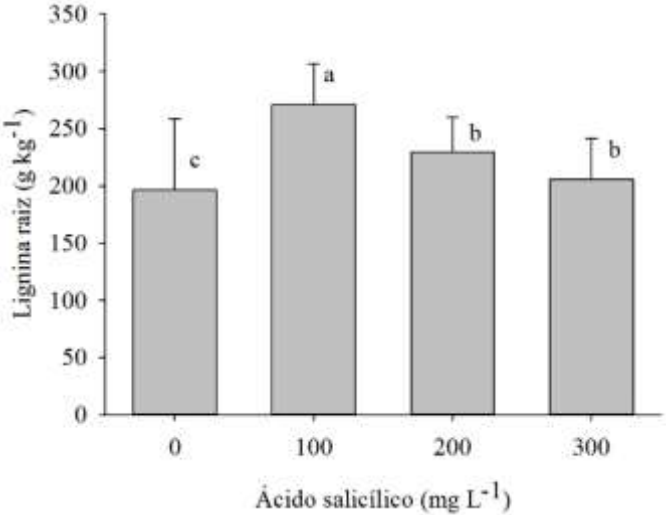

Figura 11- Teor de lignina em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

2.6 CONCLUSÃO

A aplicação do ácido salicílico por 8 semanas em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* resultou em alterações morfofisiológicas para as condições de cultivo protegido, modulando padrões de qualidade de interesse para plantas que serão expedidas a campo.

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* a dose de 300 mg L^{-1} resultou em maior equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular a fim de tornar a planta mais estável e

preparada para as condições que serão submetidas posteriormente. A altura, massa de matéria seca da parte aérea e raiz e área foliar reduziram, o diâmetro e o teor de lignina, no entanto, aumentaram em função da evolução das doses do ácido salicílico.

No caso da pesquisa, as doses de 300 mg L^{-1} é a mais recomendada para a aroeira por essa espécie ser mais rústica e menos suscetível a variações externas e ter gerado modificações morfofisiológicas que favoreceram o desenvolvimento e crescimento das mudas.

A espécie *Cedrela fissilis* é mais sensível às variações do meio e, por isso, doses mais elevadas intensificaram o efeito do estresse. As características altura e massa de matéria seca da parte aérea reduziram com o acréscimo das doses do ácido salicílico.

Ademais, fisiologicamente, a dose de 300 mg L^{-1} do ácido aumentou os conteúdos de compostos fenólicos, perda de eletrólitos e lignina e por isso não seria recomendada, pois pode gerar desiquilíbrio no conteúdo celular. Apesar disso, essas características incrementadas são resultantes do mecanismo de sinalização das plantas, assim doses maiores intensificaram o estresse nas plantas e estas responderam aumentando o conteúdo dos compostos secundários.

Em contrapartida, a massa de matéria seca da raiz aumentou na dose de 300 mg L^{-1}, demonstrando que sob determinadas condições de estresse as plantas redirecionam a energia que seria investida na parte aérea para o sistema radicular.

Em relação à fisiologia das plantas, a dose de 300 mg L^{-1} do ácido salicílico causou estresse em *Cedrela fissilis* e por isso não seria recomendada, no entanto, a dose de 100 mg L^{-1} modificou características fisiológicas e morfológicas de interesse e neste caso seria a dose mais indicada, demonstrando que em espécies mais sensíveis, doses menores são suficientes para alterar parâmetros de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWATE, P. D.; GAIKWAD, D. K. Influence of growth regulators on secondary metabolites of medicinally important oil yielding plant *Simarouba glauca* DC. under water stress conditions. **Journal Stress Physiology e Biochemistry**, Russia, v. 10, p. 222–229. mai./jun. 2014. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RU2015101138>. Acesso em 02 jan. 2018.

CADORIN, D. A.; MALAVASI, U. C.; COUTINHO, P. W. R.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, M. de. M. Metil jasmonato e flexões caulinares na rustificação e crescimento inicial de mudas de *Cordia trichotoma*. **Cerne.** Lavras, MG, v. 21, n. 4, p. 657-664, mai./dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cerne/v21n4/2317-6342-cerne-21-04-00657.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2017.

CAIRES, S. M.; FONTES, M. P. F.; FERNANDES, R. B. A.; NEVES, C. L.; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, nov./dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000700004>. Acesso em: 06 jun. 2017.

CAMPOS, M.F.; BACKES, C.; ROTERS, J.M.C.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Influência de retardantes de crescimento no desenvolvimento de plantas de gladíolo (*Gladiolus communis* L. spp., Iridaceae). **Biotemas,** Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 31-36, set. 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2010v23n3p31/14352>. Acesso em: 10 set. 2017.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, SP, v. 15, n. 1, p. 158-169, dez./jul. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722013000100022>. Acesso em: 10 ago. 2017.

CARVALHO, R. O. MACHADO, M. B,; LOPES, R. S.; SCHERER, V. S.; CRUZ, W. A. LUZ, M. L. G. S. da.; LUZ, C. A. S. da.; GADOTTI, G. I.; GOMES, M. C. Agroindustry for drying pink pepper (*Schinus terebinthifolius*). **Agricultural Engineering International: CIGR Journal,** Pelotas, RS, v. 12, n. 1, p.177-180, out./nov. 2015. Disponível em: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejounral/article/view/3109/2062>. Acesso em: 09 agosto. 2017.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR. Londrina, 2001. 11 p.

D'AVILA, F. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 13 - 19, jan./fev. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000100002>. Acesso em 04 nov. 2017.

DEL CAMPO, A. D.; NAVARRO, R. M.; CEACERO, E. C. J. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain, an approach for establishing a quality standard. **New Forests**, Holanda, v. 39, n.1, p. 19-37, mai./jun. 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-009-9152-9>. Acesso em: 09 ago. 2017.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de. M.; JACOBS, D. F. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v.37, n.3, p.401-407, mai./jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000300003>. Acesso em: 23 ago. 2017.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Relationship between lignin content and quality of *Pinus taeda* seedlings. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n.5, p. 905-913, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000500905>. Acesso em: 23 mar. 2018.

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Estados Unidos, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, jan. 2005. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf048396b?journalCode=jafcau>. Acesso em: 24 jul. 2017.

GILBERT, B; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 43-56, dez. 2011. Disponível em: <http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/158/156>. Acesso em: 20 ago. 2017.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, Ribeirão Preto, SP, v. 30, n. 2, p. 374-381, jul./out. 2007. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No2_374_25-RV05289.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116p.

GÔUVEA, A. F. G.; TRUGILHO, P. F.; ASSIS, C. O. de. ASSIS, M. R.; COLODETTE, J. L.; GOMES, C. M. Avaliação do efeito da relação siringila/guaiacila da lignina de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Brazilian Journal of Wood Science**, Pelotas, Rio Grande do Sul, v. 6, n. 2, p. 71-78, mai./jul. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/5945/cienciadamadeirav6n2a1>. Acesso em: 06 dez. 2017.

GOTTLIEB, R.; BORIN, M. R. D. M. B.; KAPLAN, M. A. C. Biosynthetic interdependence of lignins and secondary metabolites in Angiosperms. **Phytochemistry**, California, v. 40, n. 1, p. 99-113, set./mai. 1995. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003194229500127S>. Acesso em: 23 nov. 2017.

GUO, J.; YANGA, Y.; WANGA, G.; YANGA, L.; SUNA, W. Ecophysiological responses of *Abiesfabri* seedlings to drought stress and nitrogen supply. **Physiologia Plantarum,** Sweden, US, v.139, n.4, p.335-347, ago./mar. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/41968132_Ecophysiological_responses_of_Abies_fabri_seedlings_to_drought_stress_and_nitrogen_supply>. Acesso em: 23 ago. 2017.

HARA M.; FURUKAWA J.; SATO A.; MIZOGUCHI T.; MIURA K. Abiotic stress and role of salicylic acid in plants. In: PARVAIZA, A.; PRASAD M. N. V. **Abiotic Stress Responses in Plants**. New York: Springer, 2012. p. 235–251.

HEBERLE, K. **Aplicação de ácido jasmônico na rustificação em mudas de ipê roxo e guajuvira.** 2016. 54p. Dissertação (mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR, 2016.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Nursery manual for native plants**: Guide for tribal nurseries. Washington: Department of Agriculture, Forest Service, v. 1. 2009. 20p.

JOSEPH, B.; JINI, D.; SUJATHA, S. Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. **Asian Journal of Crop Science**, Faisalabad, v. 2, n. 4, p. 226-235, jul./nov. 2010. Disponível em: <http://scialert.net/fulltext/?doi=ajcs.2010.226.235>. Acesso em: 13 set. 2017.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The container tree nursery manual: seedling processing, storage, and outplanting**. Washington: Department of Agriculture Forest Service, v. 7. 2010. 200 p.

LELES, P. S. S.; LISBOA, A. C.; NETO, S. N. O.; GRUGIKI, M. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em tubetes de diferentes dimensões. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 13, n. 1, p. 69-78, set./fev. 2006. Disponível em: <http://www.floram.org/files/v13n1/v13n1a9.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2017.

LUNDQVIST, L.; VALINGER, E. Stem diameter growth of scots pine trees after increased mechanical load in the crown during dormancy and (or) growth. **Annals of Botany**, v. 77, n. 1, p. 59-62, out./jan. 1996. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/249289776_Stem_Diameter_Growth_of_Scots_Pine_Trees_after_Increased_Mechanical_Load_in_the_Crown_during_Dormancy_and_or_Growth>. Acesso em: 23 ago. 2017.

MA, Y.; MA, F-W.; WANG, Y.H. The responses of the enzymes related with ascorbate–glutathione cycle during drought stress in apple leaves. **Acta physiology Plant,** Polônia, v. 33, p.173–180, mai./nov. 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-010-0535-5>. Acesso em: 23 nov. 2017.

MALAVASI, U. C.; DAVIS, A. S.; MALAVAS, M. M. Lignin in Woody Plants under Water Stress: A Review. **FLORAM - Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 589-597, 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/floram/v23n4/2179-8087-floram-2179-8087143715.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2017.

MARJAMAA, K.; KUKKOLA, E. M.; FAGERSTEDT, K. V. The role of xylem class III peroxidases in lignification. **Journal of Experimental Botany**, Finlândia, v. 60, n. 2, p. 367 376, set./out. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/24180606_The_role_of_xylem_class_III_peroxidases_in_lignification>. Acesso em: 09 jul. 2017.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** Goiânia, GO, v. 44, n. 4, p. 443-450, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v44n4/v44n4a12.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2017.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers Plant Science**, Nova York, USA, v. 5, n. 4, p. 1-19, jan./nov. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3899523/>. Acesso em: 23 jun. 2017.

MONTEIRO, M.B.O.; PEREIRA, R. P. W.; ABREU, H.S. Compositonal analysis of the lignin of *Eucalyptus urophylla* treated with JA e 2,4-D. **Biochemistry and Biotechnology Reports,** Londrina, v.1, n.2, p. 48-56, 2012. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/bbr/article/viewFile/13547/12351>. Acesso em: 02 jan. 2017.

MOREL, P.; CRESPEL, L., GALOPINC, G.; MOULIAD, B. Effect of mechanical stimulation on the growth and branching of garden rose. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 59-64, out./fev. 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381100639X>. Acesso em: 08 ago. 2017.

NCUBE, B.; FINNIE, J. F.; STADEN, J. VAN. Quality from the field: The impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. **South African Journal of Botany**, v. 82, p. 11-20, jul./set. 2012. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/277450842_Quality_from_the_field_The_impact_of_environmental_factors_as_quality_determinants_in_medicinal_plants>. Acesso em 23 nov. 2017.

NICKERSON, K.; FLORY S. L. Competitive and allelopathic effects of the invasive shrub *Schinus terebinthifolius* (Brazilian peppertree). **Biological Invasions**, Berlim, v. 17, n. 2, p. 555-564, fev./jul. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-014-0748-4>. Acesso em: 06 jul. 2017.

OLIVEIRA, J. T. S.; SOUZA, L. C. de.; LUCIA, R. M. D.; SOUZA JÚNIOR, W. P. de. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 819-826, set./out. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000500017>. Acesso em: 23 jul. 2017.

OLIVEIRA, C. J; ARAUJO, T. L. Plantas medicinais: usos e crenças de idosos portadores de hipertensão arterial. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiás, v. 9, n. 1, p. 93-105, jan./abr. 2007. Disponível em:<https://www.fen.ufg.br/revista/v9/n1/pdf/v9n1a07.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2017.

OLIVEIRA, M. B.; ABREU, H. S. E.; PEREIRA, R. P. Teor de Lignina em Plantas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake Tratadas com Fitorreguladores. **Silva Lusitana.** Lisboa, v.17, n.1, p. 51–57, fev./out. 2009. Disponível em< http://www.if.ufrrj.br/biolig/artigos_publicados/Teor%20de%20lignina%20em%20plantas%20de%20Eucalyptus%20urophylla%20S.%20T.%20Blake%20tratadas%20com%20fitorreguladores.pdf>. Acesso em 20 jun. 2017.

ORO, P.; VOLKWEIS, C. R.; NEIVERTH, W.; DEANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de. M. Aplicação de regulador vegetal na aclimatação de mudas de *Cariniana estrellensis.* **Cultivando o saber,** Cascavel, v.5, n.4, p.103-112, mai./out. 2012. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/511cc1e627012.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2017.

PÁL, M.; KOVÁCS, V.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; MA, X.; LIU, H.; MEI, H.; JANDA, T. Salicilic acid and abiotic stress responses in rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 200, n. 1, p.1-11, ago./fev 2014. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12037/abstract?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage>. Acesso em: 23 jul. 2017.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. **Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, TO,** v. 3, n. 4, p. 146-152, nov. 2012. Disponível em:<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj0wousj_nXAhWJIZAKHeJWAaoQFggqMAA&url=https%3AF>. Acesso em: 23 dez. 2017.

POVH, J. A.; ONO, E. O. Crescimento de plantas de Salvia officinalis sob ação de reguladores de crescimento vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2186-2190, nov. 2008. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a15v38n8.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

RAES, J; ROHDE, A; CHRISTENSEN, J. H; VAN DE PEER, Y; BOERJAN, W. Genome-Wide Characterization of the Lignification Toolbox in Arabidopsis**. Plant Physiology**, Maryland, Estados Unidos, v. 133, n. 3, p. 1051-1071, nov. 2003. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC523881/>. Acesso em: 08 jul. 2017.

RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling & Behavior,** Estados Unidos, v. 6, n. 11, p. 1720-1731, nov. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3329344/>. Acesso em: 23 nov. 2017.

RIVAS-SAN, V. M.; PLASENCIA J. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany,* Oxford, USA, v. 62, n. 10, p.3321–3338. jun./fev. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/50226869_Salicylic_acid_beyond_defence_Its_role_in_plant_growth_and_development>. Acesso em: 20 jun. 2017.

ROGERS, L. A.; CAMPBELL, M. M. The genetic control of lignin deposition during plant growth and development. **New Phytologist**, United States, v.164, n.1 p.17, mar./mai. 2004. Disponível em: < http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2004.01143.x/full>. Acesso em: 08 jul. 2017.

SAKURAGUI, C. M.; STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B. Meliaceae. **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 180p.

SANTOS, O. J. dos. RIBAS FILHO, J. M.; CZECZKI, N. G.; BRANCO NETO, M. L. C.; NAUFEL JUNIOR, C.; FERREIRA, L. M.; CAMPOS, R. P.; MOREIRA, H. PORCIDES, R. D.; DOBROWOLSKI, S. Avaliação do extrato de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) no processo de cicatrização de gastrorrafias em ratos. **Revista Acta Cirúrgica Brasileira**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 39-45. may/nov. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502006000800007>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SARTORI, C. J.; CASTRO, A. H. F.; MORI, F. A. Teores de Fenóis Totais e Taninos nas Cascas de Angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v.21, n. 3, p. 394-400. jul./set. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n3/aop_floram_061113.pdf >. Acesso em: 19 nov. 2017.

SIBOZA, X. I.; BERTLING, I.; ODINDO, A. O. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). **Journal of Plant Physiology**, Netherlands, v. 171, n. 18, p. 1722-1731, nov. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161714002120>. Acesso em: 30 nov. 2017.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. dos S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v.31, n. 3, p.669- 682, jul/set. 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744097017>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. Anacardiaceae. In:_____. **Lista de espécies da flora Brasil.** Rio de Janeiro. 2015. p. 37-45.

SOUZA, C. S. M.; SILVA, W. L. P.; GUERRA, A. M. N. M.; CARDOSO, M. C. R.; TORRES, S. B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v. 2, n. 2, ago./fev. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277476222_ALELOPATIA_DO_EXTRATO_AQUOSO_DE_FOLHAS_DE_AROEIRA_NA_GERMINACAO_DE_SEMENTES_DE_ALFACE>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SOUZA, D. C. L.; GOMES, L. J.; BLANK, A. F.; GOIS, I. B.; PEREIRA, G. S.; ALVES, P. B.; DILVA-MANN, R. S. Characterization of wild genotypes of Aroeira: Subsidy for planta breeding. **Academic Journals**. v. 6, n. 4, p. 39-49, jul. 2014. Disponível em:< http://www.academicjournals.org/article/article1407758370_Souza%20et%20al.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Estresse abiótico. In: _____. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed. cap. 24, 2017, p.731-759.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VOLKWEIS, C. R.; DRANSKI, J. A. L.; ORO, P.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de. M. Efeito da tigmomorfogênese na morfometria de mudas de *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 339-342, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/14571/pdf>. Acesso em: 08 ago. 2017.

WENG, J. K.; CHAPPLE, C. The origin and evolution of lignin biosynthesis. **New Phytologist**, Inglaterra, v.187, p. 273–285, jun. 2010. Disponível em: < http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03327.x/full>. Acesso em: 23 nov. 2017.

WILNER, J. Results of laboratory tests for winter hardines sofwoody plants by electrolyte methods. **Proceedings American Horticultura Science**, Norman, USA, v. 66, p. 93-99, jun./jul. 1955. Disponível em: <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/sbiol/vk/linden/measurin.pdf>. Acesso em: 04 de julho. 2016.

WITTEK, F.; KANAWATI, B.; WENIG, M.; HOFFMANN, T.; FRANZ-OBERDORF, K.; SCHWAB, W.; VLOT, A. C. Folic acid induces salicylic acid-dependent immunity in Arabidopsis and enhances susceptibility to *Alternaria brassicicola*. **Molecular Plant Pathology**, Inglaterra, v. 16, n. 6, p. 616-622, out./dez. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25348251>. Acesso em: 15 nov. 2017.

YUAN, S.; LIN, H. H. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. **Z Naturforsch C,** Alemanha, v. 63, n. 5, p. 313-320, mai./jun. 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18669013>. Acesso 02 nov. 2017.

3 CAPÍTULO II- EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA EM MUDAS DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. E *Cedrela fissilis* VELL. APÓS A APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO

3.1 RESUMO

A *Schinus terebinthifolius* R. é uma árvore nativa, não endêmica do Brasil pertencente a família das Anacardiaceae. *Cedrela fissilis* V. é uma arvore nativa, que pode atingir de 20 a 35 m de altura e tronco de 60 a 90 cm de diâmetro e é muito utilizada para programas de reflorestamento. Naturalmente as plantas apresentam em sua constituição defesas constitutivas e induzidas, que se manifestam em resposta aos estresses, alguns desses compostos, conhecidos como hormônios vegetais irão funcionar como sinalizadores, afetando o desenvolvimento e crescimento dos vegetais. Pesquisas recentes têm dado grande importância para aplicação endógena de ácido salicílico, a fim de atuar no desenvolvimento, crescimento e estabelecimento das mudas a campo, além de promover maior resistência a possíveis estresses que estas possam ser expostas. Assim, esta pesquisa objetivou quantificar a eficiência fotossintética de mudas de *Cedrela fissilis* e *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico durante oito semanas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto de quatro tratamentos, com cinco repetições de 20 mudas cada. Os tratamentos foram constituídos de doses crescentes da solução de ácido salicílico: 0, 100, 200, 300 mg L^{-1}. A solução foi constituída de ácido salicílico, água deionizada e adjuvante e aplicada com pulverizador manual, semanalmente por 2 meses. A quantidade aplicada por repetição foi de 200 mL determinada a partir do ponto de escorrimento da solução. Os parâmetros avaliados após a aplicação do ácido consistiram na taxa de assimilação líquida de CO_2, transpiração foliar, condutância estomática e concentração interna de CO_2, além dos índices eficiência de uso da água, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação. Em mudas de *Schinus terebinthifolius* houve redução dos parâmetros fotossintéticos e consequentemente melhor aproveitamento de água à medida que aumentaram as doses do regulador de crescimento vegetal. Isso pode ter ocorrido porque nessa condição o indutor gerou uma condição de estresse e reduziu a atividade fisiológica da planta, gerando um desbalanço entre as atividades essenciais dos vegetais e por isso a dose máxima do ácido salicílico não é recomendada. Nas mudas de *Cedrela fissilis* a dose de 200 mg L^{-1} resultou em maior fixação de CO_2 por molécula de água perdida e neste sentido, pode-se inferir que o aumento nas doses de ácido salicílico melhorou a eficiência fotossintética, porém o aproveitamento de água foi menor. Assim, para ambas as espécies doses mais baixas

são mais recomendadas, pois deve existir um equilíbrio entre a quantidade fixada de CO_2, ou seja, quanto à planta gera de fotoassimilados e a quantidade de água perdida, para não gerar um potencial negativo no metabolismo vegetal.

Palavras-chave: Eficiência fotossintética. Defesa. Nativas.

PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY IN SEEDLINGS OF *Schinus terebinthifolius* RADDI. **E** *Cedrela fissilis* VELL. **AFTER THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID**

3.2 ABSTRACT

The *Schinus terebinthifolius* R. is a native tree, not endemic to Brazil belonging to the Anacardiaceae family. *Cedrela fissilis* V. is a native tree, which can reach from 20 to 35 m in height and trunk from 60 to 90 cm in diameter and is widely used for reforestation programs. Naturally, plants have in their constitution constitutive and induced defenses, which are manifested in response to the stresses, some of these compounds known as plant hormones will act as signaling, affecting the development and growth of plants. Recent research has given great importance to the endogenous application of salicylic acid in order to act in the development, growth and establishment of the seedlings in the field, besides promoting greater resistance to possible stresses that can be exposed. The treatments consisted of increasing doses of the salicylic acid solution: 0, 100, 200, 300 mg L^{-1}. The solution was composed of salicylic acid, deionized water and adjuvant and applied with hand sprayer, weekly for 2 months. The amount applied per repetition was 200 mL, as determined from the pour point of the solution. The parameters evaluated after the application of the acid consisted of the net assimilation rate of CO_2, leaf transpiration, stomatal conductance and internal CO_2 concentration, in addition to the water use efficiency indexes, intrinsic efficiency of water use and instantaneous carboxylation efficiency. In seedlings of *Schinus terebinthifolius* there was a reduction of the photosynthetic parameters and consequently a better use of water as the doses of the plant growth regulator were increased. This may have occurred because in this condition the inducer generated a stress condition and reduced the physiological activity of the plant, generating an imbalance between the essential activities of the plants and therefore the maximum dose of salicylic acid is not recommended. In the seedlings of *Cedrela fissilis* the dose of 200 mg L^{-1} resulted in greater CO_2 fixation per molecule of water lost and in this sense, it can be inferred that the increase in the doses of salicylic acid improved the photosynthetic efficiency, but the use of water was lower. Thus, for both species lower doses

are more recommended, since there must be a balance between the fixed amount of CO_2, that is, as regards the plant generated photoassimilates and the amount of water lost, so as not to generate a negative potential in plant metabolism.

Keywords: Photosynthetic efficiency. Defense. Native.

3.3 INTRODUÇÃO

O uso de espécies nativas agrega grande valor comercial e social ao meio em que estão inseridas, neste sentido, torna-se de grande interesse ampliar a produção de mudas em grande escala e com melhor qualidade. Assim, estudos voltados ao potencial, usos das espécies, estabelecimento, desenvolvimento, práticas e manejos no viveiro e no campo devem ser desenvolvidos (LUCA; REBECCHI; SCHORN, 2010; GONÇALVES et al., 2012).

A *Schinus terebinthifolius* Raddi. é uma árvore nativa, não endêmica do Brasil pertencente a família das Anacardiaceae. Dentre as características da espécie, apresenta pioneirismo, rusticidade e grande plasticidade fenotípica, e por isso possui grande potencial de utilização em programas de reflorestamentos ambientais e recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA; ARAÚJO, 2007; CARVALHO et al., 2013).

A aroeira é empregada para forragem de abelhas e de cabras, como matéria prima para a confecção de cercas e como planta ornamental, além do uso cosmético, alimentício e na restauração de habitats (SOUZA et al., 2014; CARVALHO et al., 2015; NICKERSON; FLORY, 2015).

Além disso, há relatos que a planta também possui efeito larvicida, inseticida, antidepressivo, hepatoprotetor e fotoprotetor (KWEKA et al., 2011; SARTORELLI et al., 2012; ABDOU; SALEH; KHALIL, 2015; BULLA et al., 2015; PICCINELLI et al., 2015).

A espécie *Cedrela fissilis* Vellozo é uma árvore nativa, que pode atingir de 20 a 35 m de altura e diâmetro entre 60 a 90 cm, além do mais é muito utilizada para programas de reflorestamento. A espécie é descrita como caducifólia e ocorre, geralmente, em solos úmidos e profundos, de textura argilosa a areno-argilosos e bem drenados (CAIRES et al., 2011).

O cedro é encontrado desde a Amazônia, Cerrado até a Mata Atlântica, ocorre tanto em floresta primária, quanto em floresta secundária, porém sua ocorrência é maior entre Rio Grande do Sul e Minas Gerais (BIERNASKI et al., 2012).

Estudos tem destacado o potencial da espécie para remediação de solos contaminados por metais pesados (SAKURAGUI; STEFANO; CALAZANS, 2013).

Devido à qualidade de sua madeira, o cedro vem sendo progressivamente explorado nos locais de ocorrência e por esse motivo, por vários anos, foi listado como espécie ameaçada de extinção, fazendo com que trabalhos fossem desenvolvidos para ajudar em sua preservação (SANTOS et al., 2009).

Naturalmente as plantas apresentam em sua constituição defesas constitutivas e induzidas, que se manifestam em resposta aos mais diversos estresses, resultando em

alterações fisiológicas, morfológicas, bioquímicas, celulares e até moleculares. Alguns desses compostos, conhecidos como hormônios vegetais irão funcionar como sinalizadores, afetando o desenvolvimento e crescimento dos vegetais (BEZEMER; VAN DAM, 2005; LOPEZ; CHAUHAN; JOHANSEN, 2008).

Conhecer a dinâmica dos reguladores vegetais é de extrema importância, pois pode contribuir para o manejo de florestas e qualidade do produto final, pois estes irão atuar diretamente na formação do lenho e na atenuação de estreses de origem biológica ou não (PEREIRA et al., 2011; ASGHER et al., 2015).

Pesquisas recentes têm dado grande importância para aplicação endógena de ácido salicílico a fim de atuar no desenvolvimento, crescimento e estabelecimento das mudas a campo, além de promover maior resistência a possíveis estresses que estas possam ser expostas.

O ácido salicílico (AS) é um regulador de crescimento endógeno, considerado uma molécula de sinalização, pertencente ao grupo de compostos fenólicos. A molécula é constituída de um grupo hidroxil ligado a um anel aromático e participa de vários processos biológicos dos vegetais, ativando rotas metabólicas ligadas a defesa da planta (HAYAT et al., 2010; KHAN et al., 2010; MIURA; TADA, 2014).

Alguns benefícios podem ser observados quando realizada aplicação exógena de AS, dentre eles, o aumento na germinação, no crescimento e desenvolvimento de plantas e incremento no teor de pigmentos fotossintetizantes (HAYAT et al., 2010; KABIRI; FARAHDAKHSH; NASIBI, 2012; SHARAFIZAD et al., 2013; KANG; LI; GUO, 2014).

Ademais, estudos recentes têm destacado o potencial do ácido salicílico como um importante regulador de atividades ligadas a fotossíntese, atuando no fotossistema I (PSII), pigmentos fotossintéticos e atividade de enzimas ligadas ao metabolismo primário e secundário das plantas, como a rubisco e anidrase (AL-WHAIBI; SIDDIQUI; BASALAH, 2012; NORIEGA et al., 2012; ZHANG et al., 2015).

A concentração desses compostos no vegetal pode ser influenciada por diversos fatores, como condições edáficas, climáticas e desenvolvimento do vegetal, assim, mediante o exposto, a pesquisa objetivou quantificar a eficiência fotossintética de mudas de *Cedrela fissilis* e *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico durante 8 semanas.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na região oeste do Estado do Paraná, latitude de 24° 33’ 24’’ S, longitude de 54° 05’ 67’’ W e altitude de 420 m. De acordo com o IAPAR e segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical, mantendo a média anual de temperatura entre 22 e 23 °C, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CAVIGLIONE et al., 2001).

Os valores de umidade relativa e temperatura do ar durante a aplicação dos tratamentos foram obtidos diariamente com o auxílio de um *datalogger* (Modelo KlimaLogg Smart) (Figura 1).

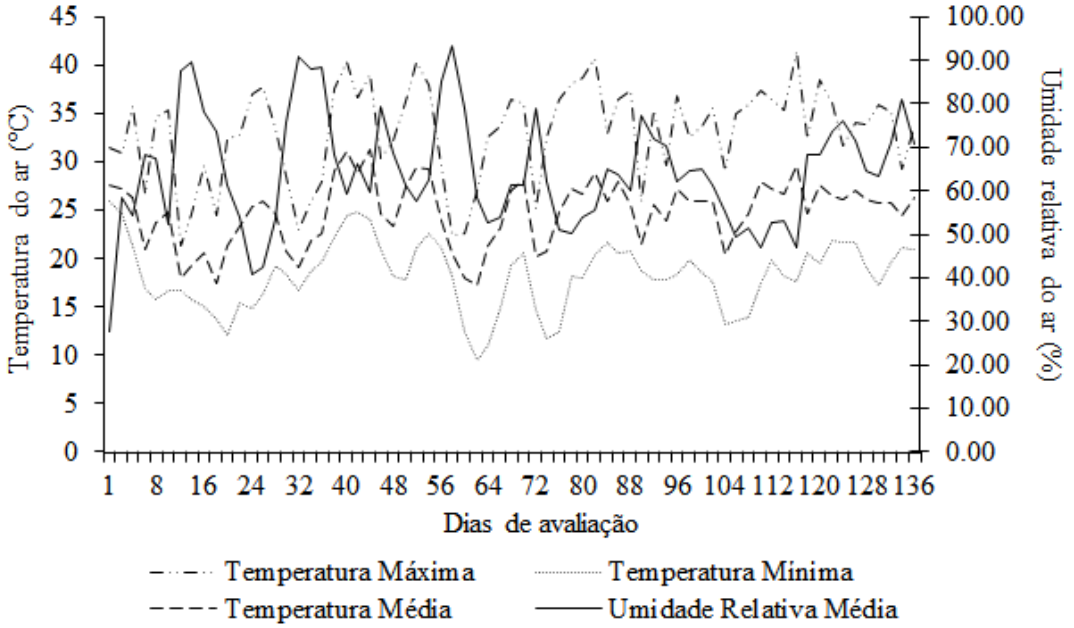

Figura 1- Valores de temperatura e média da umidade relativa do ar durante o experimento realizado com *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em estufa

Para o ensaio, foram adquiridas 400 mudas de *Schinus terebinthifolius* e 400 mudas de *Cedrela fissilis*, obtidas na Itaipu Binacional e no Instituto Ambiental do Paraná (IAP), respectivamente. As espécies, com três meses de idade foram propagadas em tubetes de 120 cm^3, preenchidas com uma mistura de solo local e húmus (NITOSSOLO VERMELHO Eutroférrico de textura muito argilosa), proporção 3:1.

Antes da imposição dos tratamentos, as mudas passaram por um período de aclimatação em ambiente protegido por aproximadamente 30 dias, entre os meses de agosto e setembro.

Durante esse período as mudas foram fertilizadas com 3 mL de solução nutritiva, a fim de fornecer os macros e micronutrientes exigidos na fase de crescimento das mesmas, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1- Composição da solução nutritiva para adubação de mudas

Solução nutritiva					
KH_2PO_4	$MgSO_4$	KNO_3	Ca $(NO_3)_2$ $4H_2O$	Micro Completa	Fe-EDTA
----------mL L^{-1}----------					
1,0	2,0	5,0	5,0	1,0	1,0

Antes do inicio da aplicação dos tratamentos as mudas foram avaliadas quanto à altura, diâmetro e número de folhas.

Nas mudas de aroeira, as médias obtidas foram de 14,60 cm de altura, 2,99 mm de diâmetro e número de folhas de 13,34, enquanto que em plantas de cedro, as mudas externaram valores médios de 8,09 cm em altura, 2,51 mm em diâmetro e 6,62 de folhas. As médias foram obtidas a partir da avaliação de 400 mudas de cada espécie.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto de 4 tratamentos, 5 repetições com 20 plantas em cada, totalizando 400 mudas por espécie. Os tratamentos foram constituídos de doses crescentes da solução de ácido salicílico, onde:

- T1: 0 mg L^{-1} de ácido salicílico
- T2: 100 mg L^{-1} de ácido salicílico;
- T3: 200 mg L^{-1} de ácido salicílico;
- T4: 300 mg L^{-1} ácido salicílico;

A aplicação do regulador foi realizada semanalmente por 2 meses no período de 26 de setembro até 14 de novembro. A solução foi constituída de ácido salicílico, água deionizada e adjuvante (Agral®), 30 mL para 100 L de água. O ácido foi aplicado com pulverizador manual entre as 06h00min e 08h00min da manhã, devido às condições climáticas mais amenas neste horário.

As quantidades aplicadas por repetição (constituída de 20 mudas) foi de 200 mL, determinado a partir do ponto de escorrimento da solução.

Os tratos culturais realizados ao longo do experimento foram: irrigação com microaspersor**,** em três turnos diários de rega de 15 minutos, limpeza da área e dos tubetes e adubação com solução nutritiva, semanalmente, esta última antes do início da aplicação do indutor.

As avaliações após a aplicação do ácido consistiram no potencial fotossintético, mensurado através das trocas gasosas, taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO_2 (Ci), em folhas totalmente expandidas e fotossinteticamente ativas, utilizando-se um analisador portátil de

fotossíntese por radiação infravermelha (“Infra Red Gas Analyser–IRGA”, modelo Li-6400 XT, LI-COR).

As medidas foram realizadas em dias sem nebulosidade das 09h00min às 11h00min horas, sob luz saturada artificial de 1200 µmol $m^{-2}s^{-1}$ e concentração de CO_2 a 380 µmol, sob temperatura constante de 25 ºC em sistema fechado.

Com os índices de trocas gasosas foram determinadas a eficiência de uso da água (A/E), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i).

Ao final do ensaio foram determinados os teores de clorofila pelo método de Arnon (1949), em folhas localizadas no terço médio dos vegetais (fotossinteticamente ativas) retirou-se 14,0 cm^2 de área foliar que foram acondicionadas em tubos Falcon de 15,0 cm^3 previamente revestidos com papel alumínio e preenchidos com 10 mL de acetona a 80%. As amostras permaneceram incubadas a 25 °C por 48 h.

Ao término do período de extração, alíquotas de 3 mL foram transferidas para cubetas de quartzo de 3,0 cm^3 e tomadas os valores de absorbância nos comprimentos de 645 e 663 nm. Os resultados para a concentração de clorofila *a*, *b* e totais foram obtidos conforme as equações 1, 2 e 3 expressos em µmol m^{-2}, considerando o volume do extrator, a área foliar extraída e a massa molar das clorofilas *a* e *b*.

Clorofila *a* = 12,7 A_{663} - 2,69 A_{645} (1)
Clorofila *b* = 22,9 A_{645} - 4,68 A_{663} (2)
Clorofilas totais= Clorofila *a* + Clorofila *b* (3)

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste Bartlett e Shapiro-Wilk a fim de testar a homogeneidade e normalidade dos dados, seguido da análise de variância. Mediante a significância dos dados pelo teste F, estes foram desdobrados pelo teste de Dunnett.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do ácido salicílico pode induzir alterações morfológicas, bioquímicas ou fisiológicas como o aumento no conteúdo de pigmentos fotossintéticos em condições normais ou estressantes nos vegetais (SINGH; USHA, 2003; KHODARY, 2004).

Resultados distintos foram obtidos em mudas de *Schinus terebinthifolius* onde os teores de clorofila *a*, *b* e totais não apresentaram diferença após a aplicação de ácido salicílico. As médias obtidas para a clorofila *a* foram de 106,71; 102,49; 104,08 e 92,20 umol m^{-2}. Para clorofila *b*, as médias variaram entre 36,76 e 41,52 umol m^{-2}. O somatório dos

pigmentos resultou nos valores de 145,13; 142,79; 145,60 e 137,53 umol m^{-2} com o aumento das doses de ácido salicílico.

Para os teores de clorofila *a* em mudas de *Cedrela fissilis* os tratamentos 1 e 4 não diferiram entre si, porém diferiram dos tratamentos 2 e 3, que apresentaram uma redução nos pigmentos cloroplastídicos. As médias obtidas para as doses crescentes de ácido salicílico foram de 91,67; 51,22; 49,27 e 73,82 µmol m^{-2} (Figura 2).

Isso pode ter ocorrido porque ao longo da exposição das mudas ao ácido salicílico houve queda e amarelecimento das folhas, refletindo na diminuição dos pigmentos fotossintéticos para esses tratamentos (100 e 200 mg L^{-1}), entretanto, esses tratamentos não diferiram entre si (Figura 2).

Na dose de 300 mg L^{-1} a redução existente foi menor em relação aos demais concentrações, este tratamento não variou das mudas não tratadas com o AS, isso pode ter ocorrido porque as respostas a aplicação exógena do regulador de crescimento podem variar de acordo com a dose, época de aplicação, fisiologia e idade dos vegetais, além de variar de acordo com a espécie e tempo de exposição ao indutor.

Ao se quantificar os teores de clorofila *b* em mudas de *Cedrela fissilis* não se observou diferença significativa ($P>0,05$) com o aumento nas doses de ácido salicílico e as médias obtidas foram de 24,99; 28,55; 27,59 e 28,16 umol m^{-2}.

Em mudas de *Cedrela fissilis* houve uma diminuição na concentração de clorofilas totais ocorrido devido à redução do número de folhas das mesmas com a aplicação do indutor. Os tratamentos 1 e 4 foram semelhantes estatisticamente e diferiram dos tratamentos 2 e 3. As médias foram de 116,66; 73,71; 81,92 e 101,98 µmol m^{-2} para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 (Figura 2).

Vários estudos têm demonstrado a importância da aplicação exógena do ácido salicílico em diversas funções metabólicas nas plantas, sejam fisiológicas, ecológicas ou bioquímicas, essas respostas não foram totalmente esclarecidas, principalmente porque tanto as características da espécie quanto os fatores climáticos podem influenciar nas respostas ao uso deste indutor (PÁL et al., 2014).

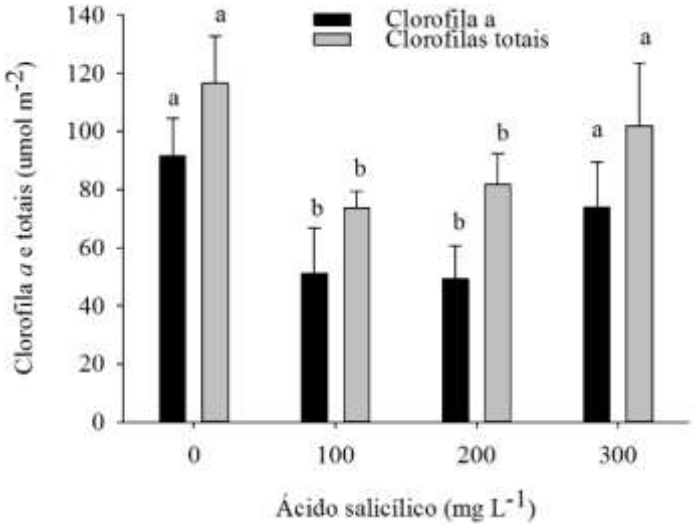

Figura 2- Teor de clorofila *a* e teor de clorofilas totais em mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Para o parâmetro assimilação líquida de CO_2 os resultados não demonstraram diferença significativa (P>0,05) à medida que as doses de ácido salicílico aumentaram para ambas as espécies e as médias dos tratamentos foram iguais a 5,54 µmol m^{-2} s^{-1} em mudas de *Cedrela fissilis* e para a *Schinus terebinthifolius* as médias obtidas variaram entre 4,07 e 4,49 µmol m^{-2} s^{-1}.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mazzuchelli, Souza e Pacheco. (2014) onde a partir das determinações fotossintéticas em plantas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone H13) com a aplicação de AS e submetidas a regimes de irrigação não externaram diferença significativa (P>0,05) e a média geral foi de 13,74 µmol m^{-2} s^{-1} em função do aumento nas doses do ácido (0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}).

Pesquisa desenvolvido por Lima (2017) em mudas de *Eucalyptus urophylla* vs *Eucalyptus grandis* sob estímulos físicos caulinares resultaram em incremento nas taxas fotossintéticas e a média obtida para a assimilação de CO_2 foi de 14,80 µmol m^{-2} s^{-1}.

Temperaturas entre 30 e 35 °C podem promover a inibição na assimilação de CO_2 em plantas C_3 e prejudicar a ativação da Rubisco, inibindo a enzima ligada a conversão da mesma (Rubisco ativase), acarretando o fechamento estomático e a redução da atividade fotossintética (OLIVEIRA; FERNANDES; RODRIGUES, 2005).

Isso pode ser justificado porque o oxigênio compete com o CO_2 pelo mesmo sítio de ativação, gerando um gradiente fotorrespiratório, assim, a rubisco, enzima de fixação ao invés de fixar CO_2 irá fizar o oxigênio, reduzindo a taxa de fixação e assimilação de carbono e reduzindo os fotoassimilados gerados pela via da fotossíntese.

A concentração interna de CO_2 (Ci) é um parâmetro importante, pois permite avaliar diretamente a produtividade das plantas a partir da determinação da energia solar interceptada e a quantidade de CO_2 em condições edafoclimáticas não estressantes, altos teores de CO_2 resultarão em altas taxas fotossintéticas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* a concentração interna de CO_2 não externou diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos 1, 2 e 3, na dose de 300 mg L^{-1}, entretanto, se observou a menor média, equivalente a 254,46 µmol m^{-2} s^{-1} (Figura 3).

O Ci apresentou redução das plantas submetidas ao tratamento controle para a dose máxima do AS, isso está relacionado à condutância estomática, que também foi menor nesse tratamento, assim, quanto menor a condutância, menor o fluxo de gases, água e luminosidade que transitam pelos estômatos.

Quanto menor as trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera menor a assimilação de CO_2 e menor a conversão de energia luminosa em fotossintatos, fazendo com que a planta tenha menos reservas e fiquem mais suscetíveis as condições adversas.

O ácido salicílico é requerido em pequenas quantidades para ativar ou inibir rotas no metabolismo da planta, altas doses do mesmo podem afetar a fotossíntese, ajustamento osmótico e o metabolismo antioxidante, não promovendo tolerância nas plantas, pelo contrário, desencadeando um elevado nível de estresse nas mesmas (HAYAT et al., 2010), o que foi observado na pesquisa, onde a dose de 300 mg L^{-1} intensificou o efeito do estresse, reduzindo a assimilação e fixação de CO_2 e consequentemente a produção de fotossintatos.

Nesse sentido, mudas de *Schinus terebinthifolius* responderam negativamente a dose máxima do ácido salicílico, demonstrando que o excesso do estímulo químico pode prejudicar as atividades essenciais dos vegetais (Figura 3). A redução do valor máximo obtido na dose de 100 mg L^{-1} do indutor para a concentração de 300 mg L^{-1} foi de 15,75% da concentração interna de CO_2.

Em resultados obtidos por Nivedithadevi; Somasundaram; Pannerselvam. (2012) destacaram que o uso de AS, em concentrações adequadas podem melhorar os parâmetros fotossintéticos, taxa de crescimento e produtividade, entretanto esses valores serão dependentes das condições intrínsecas e extrínsecas da espécie das espécies.

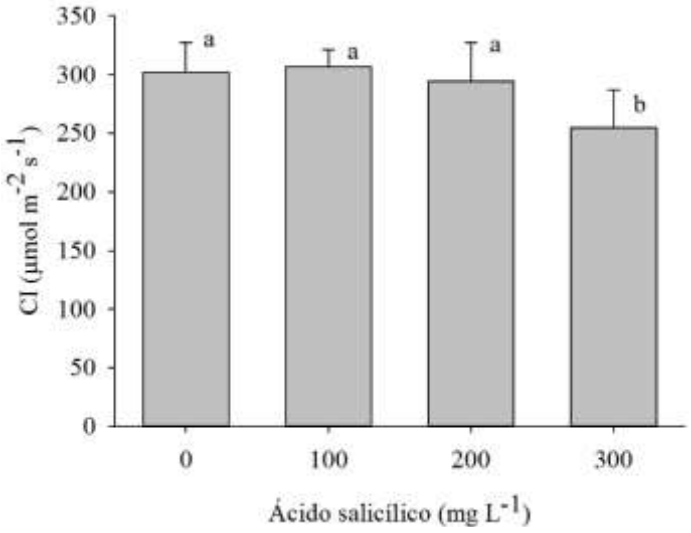

Figura 3- Concentração interna de CO_2 (Ci) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Em mudas de *Cedrela fissilis* a concentração interna de CO_2 não apresentou diferença significativa (P>0,05) e as médias variaram entre 212,63 a 288,45 µmol m^{-2} s^{-1}.

As respostas da aplicação exógena de AS nem sempre serão notórias, pois o efeito é dependente do estágio de desenvolvimento das plantas, quantidade aplicada do hormônio, concentração, modo de aplicação, condições edáficas e climáticas, além de fatores ligados a fisiologia e morfologia das mudas (HORVÁTH; SZALAI; JANDA, 2007).

A taxa de assimilação e a concentração de CO_2 são variáveis que se correlacionam, pois, a maior concentração de CO_2 nas folhas é resultado da maior assimilação nas plantas, entretanto, se qualquer estrutura ou atividade fisiológica for prejudicada isso desencadeará uma série de problemas (JADOSKI; KLAR; SALVADOR, 2005).

Na pesquisa, por exemplo, a condutividade estomática foi baixa, isso resultou em baixa assimilação e fixação de carbono, menor produção de energia, cessando atividades essenciais da planta e consequentemente levando a morte das células e das mudas. Por isso, é interessante que o ácido salicílico atue nesses processos, conferindo tolerância aos vegetais em condições estressantes.

Ao se analisar a eficiência instantânea de carboxilação em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* não se obteve diferença para as doses de AS e a média dos tratamentos foi de 0,021 e 0,018, respectivamente.

Altas concentrações do ácido salicílico podem afetar negativamente a fisiologia das mudas, promovendo a diminuição da fixação de carbono como consequência da inibição da

Rubisco. A partir disso, as principais atividades das plantas podem ser prejudicadas por conta da interrupção no ciclo de Calvin, principalmente a fotossíntese e respiração dos vegetais.

A EiC depende diretamente da disponibilidade de CO_2 presente no interior das folhas, quantidade de radiação, temperatura e atividade enzimática, assim quando esses fatores são afetados a eficiência de carboxilação é prejudicada, acarretando na paralização de atividades essenciais para o funcionamento normal do vegetal.

Além do mais, se as quantidades de CO_2 são baixas, irá dificultar a entrada desse componente nas células, afetando o aporte de carbono e produção de energia, interrompendo todo o ciclo vegetativo das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As mudas quando expostas a algumas práticas em viveiro alteram suas características fisiológicas, dentre elas, as taxas fotossintéticas, que, de modo geral são baixas em função da baixa condutância estomática quando expostas as condições de estresses. Essa prática pode alterar a transpiração, promovendo a redução da mesma e promovendo a regulação osmótica das células.

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* para o parâmetro condutância estomática houve redução à medida que as doses de ácido salicílico aumentaram.

Para a dose de 300 mg L^{-1} a média obtida foi de 0,05 µmol m^{-2} s^{-1}, tal fato pode ter ocorrido porque na dose máxima houve menor fluxo de água e gases nos estômatos (Figura 4), isso é consequência do conjunto de fatores que estão atuando, pois com a diminuição da condutividade há menor aporte e transporte de energia do meio para as células, interrompendo o fluxo solo-planta e atmosfera.

Essa interação é complexa, pois depende das variáveis ambientais, das características das espécies e do indutor de crescimento e assim, dependendo dessas condições a aplicação de fontes hormonais exógenas podem trazer alguns malefícios ao metabolismo geral das plantas, como por exemplo, a intensificação de sintomas de estresse, culminando na morte do vegetal.

Melotto et al. (2006) observaram que a dose de 0,4 mM de AS induziu o fechamento estomático e reduziu a troca dos gases mediado pelos estômatos em *Arabidopsis thaliana* L.

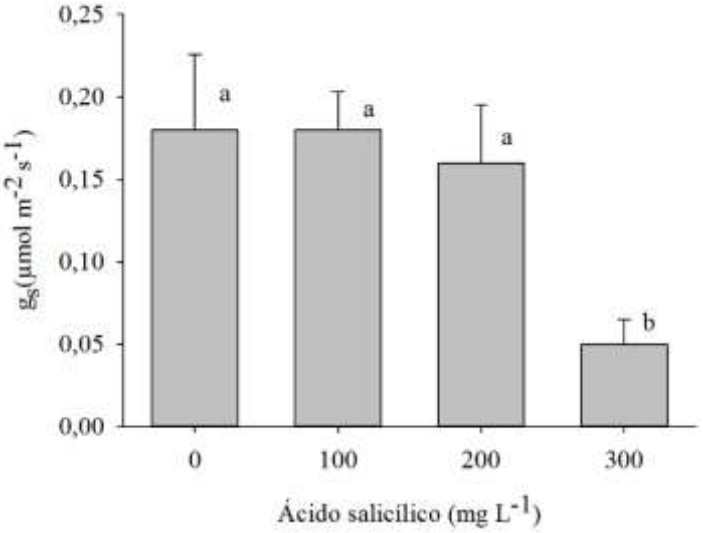

Figura 4- Condutância estomática (g_s) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Além dessa justificativa, fatores como temperatura e umidade podem ter condicionado essa resposta na planta, em situações de estresse luminoso ou hídrico a muda pode ter sinalizado para a raiz produzir o ácido abscísico e promover o fechamento estomático, reduzindo assim, o fluxo de água e CO_2 na planta.

Como pode ser observado na Figura 1, houve grande oscilação de temperatura do ar e Umidade relativa do ar nos meses em que as mudas estavam em casa de vegetação, principalmente na fase final, onde se realizou a quantificação de trocas gasosas (entre 140 e 160 dias).

A umidade chegou a aproximadamente 91% e a temperatura máxima e mínima variou entre 17,3 a 37,4 ºC, podendo justificar as alterações fisiológicas observadas ao longo das análises realizadas em ambas as espécies.

Segundo Oliveira et al. (2002), como a condutância estomática é uma medida pontual e irá determinar a quantidade de estômatos que estão abertos na hora da leitura, se a planta for exposta a uma situação de estresse momentânea a resposta irá apresentar uma redução, concordando com os resultados obtidos na pesquisa.

Em mudas de *Cedrela fissilis* a condutância estomática não variou em função da aplicação do ácido salicílico e a média obtida foi de 0,097 µmol m^{-2} s^{-1}.

Os vegetais apresentam respostas distintas mesmo quando expostos às mesmas condições, assim, é interessante destacar essas características e estudar detalhadamente quais alterações, sejam estas morfológicas, fisiológicas ou bioquímicas ou até mesmo características

do meio que irão afetar o crescimento e sobrevivência das mudas, tanto inicialmente quanto nas fases seguintes de desenvolvimento.

Estudos têm destacado o potencial de hormônios, como a auxina, citocininas, etileno, brassinosteróides, jasmonato e, mais recentemente, o ácido salicílico na regulação estomática (SUHITA et al., 2004; DESIKAN et al., 2006; HAUBRICK; TORSETHAUGEN; ASSMANN, 2006; TANAKA et al., 2006; MUNEMASA et al., 2007; MIURA; TADA, 2014).

Em condições de estresse, os estômatos, que são poros da epiderme, podem ser atingidos e assim ativar respostas nas plantas, promovendo o aumento do AS, este por sua vez, juntamente com outros hormônios poderá promover o fechamento estomático.

Essas respostas podem ser refletidas na geração de espécies reativas de oxigênio e acúmulo de cálcio e hidroxila, neutralizando o meio e estimulando o fechamento dos poros das plantas (KWAK et al., 2003; LIU et al., 2003; MELOTTO et al., 2006; KHOKON et al., 2011).

Inversamente proporcional ao aproveitamento de água, a transpiração foi reduzida em mudas de *Schinus terebinthifolius* e as médias foram de 3,15; 3,14; 3,01 e 1,57 μmol m^{-2} s^{-1} com o aumento das doses do AS e a redução do tratamento 1 para o 4 foi de 50,16% (Figura 5).

Tanto a assimilação de carbono quanto a transpiração ocorrem preferencialmente pela via estomática. Na *Schinus terebinthifolius* o aporte de CO_2 reduziu quando as doses de ácido salicílico aumentaram por conta do fechamento dos estômatos (menor condutância estomática) e as plantas perderam menos água na forma de vapor, reduziram a aquisição de fotoassimilados, porém apresentaram melhor aproveitamento de água.

Marenco et al. (2014) destacaram que o potencial hídrico da folha não permanece constante ao longo do dia, isso ocorre basicamente, porque a transpiração da folha é diferente da taxa de absorção pelas raízes, gerando gradiente de potencial eletroquímico, assim, há um movimento de água do sistema radicular para a parte aérea da planta, promovendo o contínuo solo-planta-atmosfera.

Os mesmos autores ainda discutem que o fluxo da seiva irá aumentar durante os primeiros horários do dia, como consequência da irradiância e os estômatos irão abrir, aumentando a condutância estomática e aumentando a transpiração.

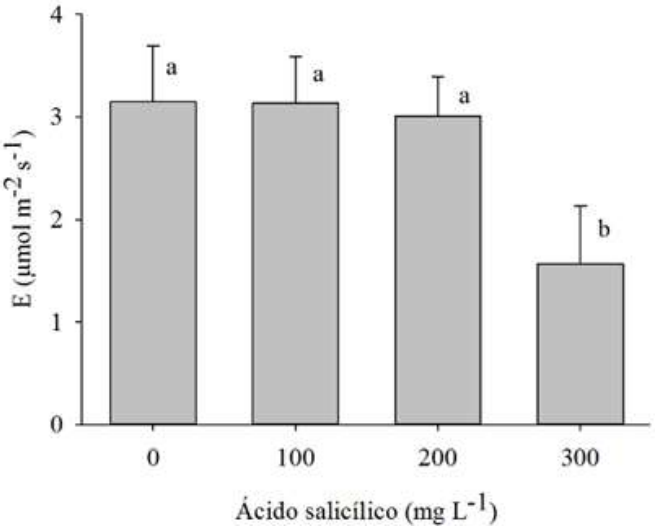

Figura 5- Transpiração (E) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

As plantas quando submetidas ao estímulo, seja químico ou mecânico, apresentam baixa eficiência fotossintética em função da baixa condutância estomática e transpiração, isso ocorre porque essas práticas vão restringir o desenvolvimento da parte aérea e com isso limitar a expansão foliar e crescimento, além de ativar estratégias para o melhor aproveitamento de água nos tecidos e órgãos vegetais (STAPE; GONÇALVES; GONÇALVES, 2001).

Em contrapartida, as mudas de *Cedrela fissilis* não externaram diferença significativa (P>0,05) para a transpiração após a aplicação de ácido salicílico, com médias variando entre 2,28 a 3,03 µmol m^{-2} s^{-1}.

O valor de EUA em mudas de *Schinus terebinthifolius* submetidas aos tratamentos 2 (1,74) e 3 (2,75) foram semelhantes estatisticamente ao tratamento controle (2,01) e estes diferiram do tratamento com dose máxima do regulador (3,34) (Figura 6).

À medida que as doses de ácido salicílico aumentaram houve melhor aproveitamento no uso da água pelas mudas, demonstrando que o AS pode ter favorecido e melhorado as atividades metabólicas vinculadas ao uso da água.

Em condições de campo essa característica pode ser muito importante, pois poderá amenizar a transpiração das mudas e diminuir a perda de água, atenuando o choque pós-plantio (JACOBS; LANDIS, 2009; SILVA et al., 2010).

Para o tratamento com o ácido, na dose de 300 mg L^{-1} se obteve o maior aproveitamento de água por conta da menor transpiração. Entretanto, na mesma dose se obteve menor condutância estomática, e consequentemente menor fotossíntese.

Em resumo, a eficiência fotossintética também diminui e apesar da muda estar perdendo menos água, ela também está produzindo menos fotoassimilados e consequentemente reduzindo a biomassa da planta.

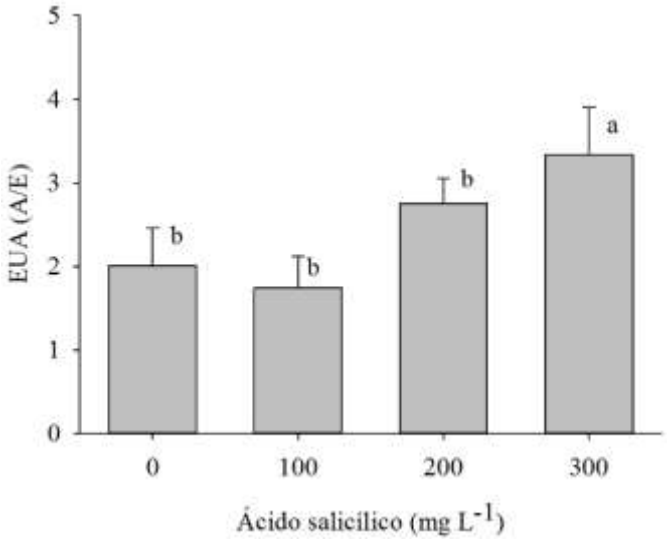

Figura 6- Eficiência do uso de água (EUA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

O parâmetro eficiência do uso de água em mudas de *Cedrela fissilis* não apresentou diferença (P>0,05) com a aplicação de ácido salicílico.

Em situações adversas as mudas podem apresentar alterações em suas atividades fotossintéticas, como a condutância estomática, transpiração e a eficiência do uso de água, porém isso é dependente dos fatores atrelados à espécie ou ao ambiente (FERRAZ et al., 2012).

Em pesquisas desenvolvidas por Scalon et al. (2011) em mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam., a eficiência no uso da água não apresentou diferença significativa (P>0,05) quando expostas a condição de estresse hídrico.

Cabe ressaltar que essas variáveis são dependentes de fatores internos e externos das plantas, assim, em determinada condição as mesmas irão externar respostas diferentes.

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* após a aplicação de ácido salicílico, a eficiência intrínseca do uso de água resultou em diferenças estatísticas (P>0,05) apenas para o tratamento equivalente a dose de 300 mg L^{-1} de AS e a média foi de 84,68 (Figura 7).

A relação entre a fotossíntese e transpiração indica a eficiência instantânea do uso de água, demonstrando a quantidade de carbono que a planta fixa a cada molécula de água perdida (JAIMEZ et al., 2005).

Neste sentido, os aumentos observados na EiUA são consequência da diminuição da taxa de assimilação de CO_2. Como houve baixa fixação de Carbono o aproveitamento de água foi melhor, gerando menos perdas por transpiração.

Assim, à medida que houve eficiência no uso da água, houve redução na concentração interna de CO_2 e na assimilação do mesmo, demonstrando que a dose pode não ser adequada quando se avalia o conjunto das características fisiológicas.

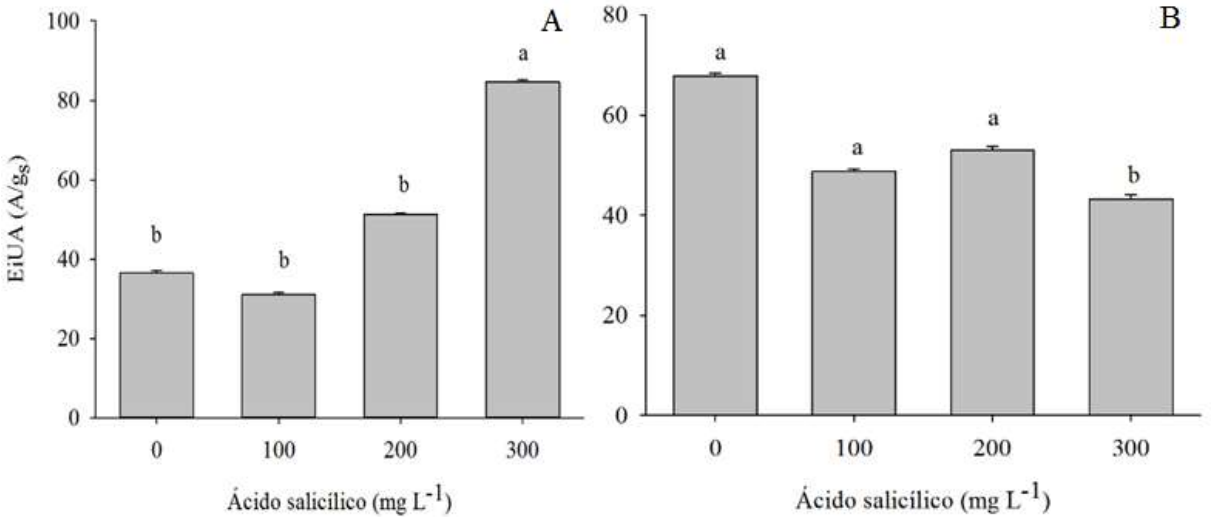

Figura 7- Eficiência intrínseca do uso de água (EiUA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* (A) e *Cedrela fissilis* (B) após a aplicação de ácido salicílico
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

A EiUA em mudas de *Cedrela fissilis* após a aplicação de 300 mg L^{-1} de AS resultou na menor média, igual a 43,27 que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 7). A alta taxa de carbono fixado refletiu na maior perda de água, na dose máxima de AS.

A EUA e EiUA podem ter grande importância na determinação do manejo, tanto no viveiro quanto no campo, pois, teoricamente tecidos menos rustificados podem apresentar menor controle estomático, e consequentemente maior perda de água (SANTOS JÚNIOR; GONÇALVES; FELDPAUSCH, 2006; SILVA; GONÇALVES; FELDPAUSCH, 2008; FIGUEIREDO et al., 2014).

Os hormônios vegetais são requeridos em pequenas quantidades e o excesso pode gerar inúmeros estresses aos vegetais, alterando atividades fisiológicas, bioquímicas e morfológicas, além de estimular a produção de metabólitos secundários.

Além disso, os vegetais apresentam em sua constituição, sinalizadores específicos que podem interromper algumas atividades metabólicas em condições adversas, a fim de

amenizar os gastos energéticos, redirecionando os mesmos para produzir substâncias que atuem na proteção das plantas.

Assim, os parâmetros pesquisados são muito importantes na hora da escolha das espécies mais apropriadas para cada finalidade e ambiente, pois são importantes indicadores do desenvolvimento das plantas em condições específicas.

3.6 CONCLUSÃO

Para as mudas de *Schinus terebinthifolius* a aplicação do ácido salicílico durante oito semanas resultou em redução na concentração interna de CO_2, condutância estomática e transpiração, porém aumentou a eficiência do uso de água e a eficiência intrínseca do uso de água, demonstrando que as doses utilizadas na pesquisa favoreceram o aproveitamento da água, porém reduziram a assimilação e produção de CO_2 e consequentemente o aporte de fotoassimilados.

No caso da pesquisa, a dose máxima do regulador vegetal induziu estresse em plantas e por isso houve redução dos parâmetros fotossintéticos, assim, para essa espécie a dose de 300 mg L^{-1} não é recomendada.

Em mudas de *Cedrela fissilis* houve redução na eficiência intrínseca do uso de água e a dose de 200 mg L^{-1} refletiu na maior perda de água e maior fixação de carbono. Os teores de clorofila *a* e totais reduziram na proporção que se aumentaram as doses de AS, porém a dose de 300 mg L^{-1} não diferiu do tratamento sem a aplicação do ácido.

Diferente do obtido na espécie anterior, a dose de 200 mg L^{-1} resultou em maior fixação de CO_2 por molécula de água perdida e neste sentido, pode-se inferir que o aumento nas doses de ácido salicílico melhorou a eficiência fotossintética do cedro, porém o aproveitamento de água foi menor.

Para ambas as espécies as doses mais baixas são recomendadas, pois quando se quantifica os fatores fisiológicos busca-se um equilíbrio entre o que é perdido e gerado de compostos orgânicos e água em função do metabolismo dos vegetais, pois, cada espécie apresenta demandas e estratégias específicas em relação às atividades que realiza ao longo do seu ciclo de crescimento e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOU, R. H.; SALEH, S. Y.; KHALIL, W. F. Toxicological and biochemical studies on *Schinus terebinthifolius* concerning its curative and hepatoprotective effects against carbon tetrachloride-induced liver injury. **Pharmacognosy Magazine**, Ismaília, v. 11, n. 42, p. 93-101, mai. 2015. Disponível em: <http://www.readcube.com/articles/10.4103/0973-1296.157705>. Acesso em: 23 jun. 2017.

AL-WHAIBI, M. H.; SIDDIQUI, M. H.,; BASALAH, M. O. Salicylic acid and calcium-induced protection of wheat against salinity. **Protoplasma**, Alemanha, v. 249, n. 3. p. 769–778, jul./out. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00709-011-0322-1>. Acesso: 19 novembro. 2017.

ARNON, D.I. Copper enzimas in isolated cloroplasts Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. **Plant Physiology,** Maryland, Estados Unidos,v.24, n.1, p. 1-15, jan. 1949. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/content/24/1/1>. Acesso em: 28 jul. 2017.

ASGHER, M.; KHAN, M. I. R.; ANJUM, N. A.; KHAN, N. A. Minimizing toxicity of cadmium in plants–role of plant growth regulators. **Protoplasma,** Alemanha, v. 252, v. 2, p. 399–413, mar./out. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25303855>. Acesso em: 11 nov. 2017.

BEZEMER, T. M.; VAN DAM, N. M. Linking aboveground and belowground interactions via induced plant defenses. **Trends in Ecology and Evolution,** Netherlands, v. 20, n. 11, p. 617-624, nov. 2005. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16701445>.

BIERNASKI, F. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Genetic variability for juvenile characters of *Cedrela fissilis* Vell. Progenies: a subsidy for definition of seed collection zone. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 49-58. jan./fev. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000100006>. Acesso em 23 dez. 2017.

BULLA, M. K; HERNANDES L.; BAESSO, M. L.; NOGUEIRA, A. C.; BENTO, A. C.; BORTOLUZZI, B.. B; SERRA L. Z.; CORTEZ D. A. Evaluation of Photoprotective Potential and Percutaneous Penetration by Photoacoustic Spectroscopy of the *Schinus terebinthifolius* Raddi Extract. **Photochemistry and Photobiology**, Amsterdam, v. 91, n. 3, p. 558–566, mai./jun. 2015. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/php.12419/full>. Acesso em: 30 jul. 2017.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, SP, v. 15, n. 1, p. 158-169, dez./jul. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722013000100022>. Acesso em: 10 ago0. 2017.

CARVALHO, R. O.; MACHADO, M. B.; LOPES, R. S.; SCHERER, V. S.; CRUZ, W. A.; LUZ, M. L. G. S.; LUZ, CARLOS A. S.; GADOTTI, G. I.; GOMES, M. C. Agroindustry for drying pink pepper (*Schinus terebinthifolius*). **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Japão, v. 12, n. 1, p.177-180, out./nov. 2015. Disponível em: < http://doczz.com.br/doc/370365/agroindustry-for-drying-pink-pepper--schinus>. Acesso em: 23 jun. 2017.

CAIRES, S. M.; FONTES, M. P. F.; FERNANDES, R. B. A.; NEVES, C. L.; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, nov./dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000700004>. Acesso em: 06 jun. 2017.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR. Londrina, 2001. 11 p.

DESIKAN, R.; LAST, K.; HARRETT-WILLIAMS, R.; TAGLIAVIA, C.; HARTER, K.; HOOLEY, R.; HANCOCK, J. T.; NEILL, S. J. Ethylene-induced stomatal closure in *Arabidopsis* occurs via AtrbohF-mediated hydrogen peroxide synthesis. **The plant journal**, Reino Unido, v. 47, p. 907–916, set. 2006. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-313X.2006.02842.x/full>. Acesso em 02 nov. 2017.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Revista Pesquisa Tropical**, Goiânia, GO, v.42, p.181-188, abr./jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v42n2/10.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. de. A.; CARNEIRO, J. G. de. A.; PENCHEL, R. M.; CAMPOSTRINI, E.; THIEBAUT, T. L. Trocas gasosas, relações hídricas e eficiência fotoquímica em mudas clonais de eucalipto com permanência prolongada em tubetes. **Scientia Agricola,** Piracicaba, SP, v. 42, n. 104, p. 523-532, dez. 2014. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=07&Number=104>. Acesso em: 27 set. 2017.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N. de. NEVES, J. C. L. GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca E Mg. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 219-228, ago./mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n2/a03v36n2.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2017.

HAUBRICK, L. L.; TORSETHAUGEN, G.; ASSMANN, S. M. Effect of brassinolide, alone and in concert with abscisic acid, on control of stomatal aperture and potassium currents of *Vicia faba* guard cell protoplasts. **Physiologia Plantarum,** Sweden, Estados Unidos, v. 128, p. 134–143, nov./jan. 2006. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Effect-of-brassinolide--alone-and-in-concert-with-abscisic-acid--on-control-of-stomatal-aperture-and-potassium-currents-of-Vicia-faba-guard-cell-protoplasts.pdf>. Acesso em 04 dez. 2017.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 68, n. 1, p. 14-25, mar. 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847209001579>. Acesso em: 23 ago. 2017.

HORVÁTH, E.; SZALAI, G.; JANDA, T. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 26, n.3, p. 290-300, out./jul. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/226845198_Induction_of_Abiotic_Stress_Tolerance_by_Salicylic_Acid_Signaling>. Acesso em: 11 nov. 2017.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Nursery manual for native plants**: Guide for tribal nurseries. Washington: Department of Agriculture, Forest Service, v. 1. 2009. 20p.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.1, p.11-19, jan./jun. 2005. Disponível em: <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/116/123> Acesso em: 23 set. 2017.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NUNES, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 79-89, mar. 2005. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423804001098>. Acesso em: 11 nov. 2017.

KABIRI, R.; FARAHDAKHSH, H.; NASIBI, F. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on black cumin (Nigella sativa) germination and seedling growth. **World Applied Sciences Journal**, Paquistão, v.18, n.4, p.520-527, set./jun. 2012. Disponível em: <https://www.idosi.org/wasj/wasj18(4)12/9.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

KANG, G.; LI, G.; GUO, T. Molecular mechanism of salicylic acid-induced abiotic stress tolerance in righer plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Polônia, v.36, n.9, p.2287-2297, jan. 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Molecular-mechanism-of-salicylic-acid-induced-abio-Kang-i/8be06a0763d28ffa520bd0eb3c58c6cdf3fa5b34>. Acesso em: 29 jul. 2017.

KHAN, N.; SYEED, S.; MASOOD, A.; NAZAR, R.; IQBAL, N. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. **International Journal of Plant Biology,** Italia, v. 1, n. 1, p. 1-8, jan./out. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/41137234_Application_of_salicylic_acid_increases_contents_of_nutrients_and_antioxidative_metabolism_in_mungbean_and_alleviates_adverse_effects_of_salinity_stress>. Acesso em 11 nov. 2017.

KHODARY, S. E. A. Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, PAK, v. 6, n. 1, p. 5-8, out./dez. 2004. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7841/ae6488ae777eb390b04bae635cb3ccc8029b.pdf. Acesso em: 23 set. 2017.

KHOKON, A. R.; OKUMA, E.; HOSSAIN, M. A.; MUNEMASA, S.; URAJI, M.; NAKAMURA, Y.; MORI, I. C.; MURATA, Y. Involvement of extracellular oxidative burst in salicylic acid-induced stomatal closure in *Arabidopsis*. **Plant Cell Environ,** v. 34, n. 3, p. 434–443, mar. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21062318>. Acesso em: 24 out. 2017.

KWAK, J. M.; MORI, I. C.; PEI, Z. M.; LEONHARDT, N.; TORRES, M. A.; DANGL J. L.; BLOOM, R. E.; BODDE, S.; JONES, J. D.; SHOROEDER, J. I. NADPH oxidase AtrbohD and AtrbohF genes function in ROS-dependent ABA signaling in *Arabidopsis*, **The EMBO journal,** v. 22, n. 11, p. 2623-2633, jun. 2003. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC156772/>. Acesso em: 24 out. 2017.

KWEKA, E. J.; NYINDO, M.; MOSHA, F.; SILVA, A. G. Insecticidal activity of the essential oil from fruits and seeds of Schinus terebinthifolia Raddi against African malaria vectors. **Parasites & Vectors**, China, v. 4, n. 129, p. 1- 10, jul./nov. 2011. Disponível em: < https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21729280>. Acesso em: 24 jun. 2017.

LIMA, P. R. **Avaliações morfofisiológicas em mudas de eucalipto resultantes da aplicação de ácido jasmônico e flexões caulinares.** 2017. 78 p. Tese (Doutorado em agronomia- Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE). Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2017.

LIU, H.; ESKIN, N. A. M.; CUI, S. W. Interaction of wheat and rice starches with yellow mustard mucilage. **Food Hydrocolloids**, v. 17, p. 863-869, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X03001073>. Acesso em: 24 jan. 2018.

LOPEZ, F. B.; CHAUHAN, Y.S.; JOHANSEN, C. Effects of timing of drought stress on leaf area development an canopy light interception of short-duration pigeonpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, California, v. 178, n. 1, p. 1-7, set./jul. 2008. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/12104747.pdf>. Acesso em: 11nov. 2017.

LUCA, E. F.; REBECCHI, R. J.; SCHORN, L. A. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) em viveiro, mediante diferentes técnicas de produção. **Revista do Instituto Florestal,** São Paulo, v. 22, n. 2, p. 189-199, jun./dez. 2010. Disponível em: <http://andorinha.epagri.sc.gov.br/consultawebsite/busca?b=ad&id=120301&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22SCHORN,%20L.A.%22&qFacets=autoria:%22SCHORN,%20L.A.%22&sort=titulo-sort&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em 23 jul. 2017.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. dos. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F. de.; SANTOS, J. K. da. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, suplemento, p. 786-799, nov/dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2014000700004>. Acesso em: 23 set. 2017.

MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de mudas de eucalipto via aplicação de ácido salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** Goiânia, GO, v. 44, n. 4, p. 443-450, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v44n4/v44n4a12.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2017.

MELOTTO M.; UNDERWOOD W.; KOCZAN J.; NOMURA K.; HE S. Y. Plant stomata function in innate immunity against bacterial invasion. **Cell**, Estados Unidos, v. 126, n. 5, p. 969–980, set. 2006. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16959575>. Acesso em 04 set. 2017.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers Plant Science**, Nova York, USA, v. 5, n. 4, p. 1-19, jan./nov. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3899523/>. Acesso em: 23 jun. 2017.

MUNEMASA, S.; ODA, K.; WATANABE-SUGIMOTO, M.; NAKAMURA, Y.; SHIMOISHI Y.; MURATA, Y. The coronatine-insensitive 1 mutation reveals the hormonal signaling interaction between abscisic acid and methyl jasmonate in *Arabidopsis* guard cells. Specific impairment of ion channel activation and second messenger production. **Plant Physiol**. Maryland, Estados Unidos, v. 143, n. 3, p. 1398–1407, mar. 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1820907/>. Acesso em 23 ago. 2017.

NORIEGA, G.; CAGGIANO, E.; LECUBE, M. L.; CRUZ, D. S.; BATLLE, A.; TOMARO, M., BALESTRASSE, K. B. The role of salicylic acid in the prevention of oxidative stress elicited by cadmium in soybean plants. **Biometals**, Holanda, v. 25, n. 6, p.1155–1165. dez./ago. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22886388>. Acesso em: 12 nov. 2017.

NICKERSON, K.; FLORY S. L. Competitive and allelopathic effects of the invasive shrub *Schinus terebinthifolius* (Brazilian peppertree). **Biological Invasions**, Berkeley, v. 17, n. 2, p. 555-564, fev. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-014-0748-4>. Acesso em: 30 jul. 2017.

NIVEDITHADEVI, D.; SOMASUNDARAM, R.; PANNERSELVAM, R. Effect of abscisic acid, paclobutrazol and salicylic acid on the growth and pigment variation in *Solanum Trilobatum*. **International Journal of Drug Development e Research**, Tamil Nadu, INDIA, v. 4, n. 3, p. 236-246, jun./jul. 2012. Disponível em: <http://www.ijddr.in/drug-development/effect-of-abscisic-acid-paclobutrazol-and-salicylic-acid-on-the-growthand-pigment-variation-in-solanum-trilobatum-l.php?aid=5079>.

OLIVEIRA, M. A. J.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. de. A.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 59, n. 1, p. 59-63, jan./mar. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000100008>. Acesso em: 24 set. 2017.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v.25, p.86-95, jan./abr. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000100010>. Acesso em 09 nov. 2017.

OLIVEIRA, C. J; ARAUJO, T. L. Plantas medicinais: usos e crenças de idosos portadores de hipertensão arterial. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiás, v. 09, n. 1, p. 93-105, jan./abr. 2007. Disponível em: <https://www.fen.ufg.br/fen_revista/v9/n1/pdf/v9n1a07.pdf>. Acesso em 10 ago. 2017.

PÁL, M.; KOVÁCS, V.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; MA, X.; LIU, H.; MEI, H.; JANDA, T. Salicilic acid and abiotic stress responses in rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 200, n. 1, p.1-11, ago./fev 2014. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12037/abstract?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage>. Acesso em: 23 jul. 2017.

PEREIRA, R. P. W.; ABREU, H. S.; MONTEIRO, M. B. O.; SOUZA, N. D. Variação lignoanatômicaem mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) tratadas com reguladores decrescimento. **Cerne**, Santa Maria, RS, v. 17, n. 3, p. 369-375, abr./jun. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v26n2/0103-9954-cflo-26-02-00639.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

PICCINELLI, A. C.; SANTOS, J. A.; KONKIEWITZ, E. C.; OESTERREICH, S. A.; FORMAGIO, A. S.; CRODA, J.; ZIFF, E. B.; KASSUYA, C. A. Antihyperalgesic and antidepressive actions of (R)-(+)-limonene, α- phellandrene, and essential oil from *Schinus terebinthifolius* fruits in a neuropathic pain model. **Nutritional neuroscience**, Reino Unido, v. 18, n. 5, p. 217-224, mar. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24661285>. Acesso em: 23 jul. 2017.

SAKURAGUI, C. M.; STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B. Meliaceae. **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 180p.

SANTOS JÚNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. de. C.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concetration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, n. 1-3, p. 299-309. may. 2006. Disponível em: <http://eprints.whiterose.ac.uk/75372/>.Acesso em: 24 set. 2017.

SANTOS, S. S.; MOURA, M. F.; GUEDES, R. S.; GONÇALVES, E. P. Emergência e vigor de plântulas de *Cedrela fissilis* L. em função de diferentes posições de profundidades de semeadura. **Biotemas**, Santa Catarina, v. 22, n.4, p. 45-52, mar./ago. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21757925.2009v22n4p45/17638>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SARTORELLI, P.; SANTANA, J. S.; GUADAGNIN, R. C.; LAGO, J. H. G.; PINTO, E. G.; TEMPONE, A. G.; STEFANI, H. A.; SOARES, M. G.; DA SILVA, A. M. In vitro trypanocidal evaluation of pinane derivatives from essential oils of ripe fruits from *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Química Nova**, SP, v. 35, n. 4, pp. 743-747, out./jan. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000400017>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SCALON, S. de. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, L. de. M. KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 21, n. 4, p. 655-662, out./dez., 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v21n4/1980-5098-cflo-21-04-00655.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

SHARAFIZAD, M.; NADERI, A.; SIADAT, S. A.; SAKINEJAD, T.; LAK, S. Effect of salicylic acid pretreatment on germination of wheat under drought stress. **Journal of Agricultural Science**, Reino Unido, v.5, n.3, p.179-199, nov./dec. 2013. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/24874/15516>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. de. C.; FELDPAUSCH, T. R. Water-use efficiency of tree species following calcium and phosphorus application on an abandoned pasture, central Amazonia, Brazil. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 64, n. 2, p. 189-195, nov. 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847208000488>. Acesso em: 02 out. 2017.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga,** Mossoró, RN, v.23, p.7-13, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274716611_CURSO_DIARIO_DAS_TROCAS_GASOSAS_EM_PLANTAS_DE_FEIJAOCAUPI_SUBMETIDAS_A_DEFICIENCIA_HIDRICA_CARLOS_DAVI_SANTOS_E_SILVA_2>. Acesso 05 nov. 2017.

SINGH, B.; USHA, K. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, NET, v. 39, n. 2, p. 137-141, mar./aug. 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022556103536>. Acesso em: 23 set. 2017.

SOUZA, D. C. L.; GOMES, L. J.; BLANK, A. F.; GOIS, I. B.; PEREIRA, G. S.; ALVES, P. B.; SILVA-MANN, R. Characterization of wild genotypes of Aroeira: Subsidy for planta breeding. **Academic Journals**, China, v. 6, n. 4, p. 39-49, mai./jul. 2014. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/article/article1407758370_Souza%20et%20al.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2017.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for Eucalyptus plantations in Brazil. **New Forests**, Netherlands, v. 22, n. 1, p. 19-41. Set. 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1012271616115>. Acesso em 20 jan. 2018.

SUHITA, D.; RAGHAVENDRA, A. S.; KWAK, J. M.; VAVASSEUR, A. Cytoplasmic alkalization precedes reactive oxygen species production during methyl jasmonate- and abscisic acid-induced stomatal closure. **Plant Physiology,** Maryland, Estados Unidos, n. 134 p. 1536–1545, abr. 2004. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/content/134/4/1536>. Acesso em: 20 jun. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Estresse abiótico. In: _____. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed. cap. 24, 2017, p.731-759.

TANAKA, Y.; SANO, T.; TAMAOKI, M.; NAKAJIMA, N.; KONDO, N.; HASEZAWA, S. Cytokinin and auxin inhibit abscisic acid-induced stomatal closure by enhancing ethylene production in *Arabidopsis*. **Journal of Experimental Botany,** v. 57, n. 10, p. *2259-2266, jun.* 2006. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16798847>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ZHANG Y., XU S., YANG S., CHEN Y. Salicylic acid alleviates cadmium-induced inhibition of growth and photosynthesis through upregulating antioxidant defense system in two melon cultivars (*Cucumis melo* L.). **Protoplasma**, Alemanha, v. 252, n. 3, p. 911–924. mai./nov. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25398649>. Acesso em: 10 nov. 2017.

4 CAPÍTULO III- METABOLISMO DO CARBONO E NITROGÊNIO EM *Schinus terebinthifolius* RADDI. E *Cedrela fissilis* VELL. APÓS APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO PARA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA EM MUDAS SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO

4.1 RESUMO

A planta quando exposta a condições estressantes, estimula a produção de metabólitos secundários e a aplicação exógena de indutores pode facilitar e acelerar algumas respostas biológicas que promovem alterações das mudas, tornando-as aptas para o plantio a campo, além disso, em função do estresse hídrico rotas metabólicas são ativadas para melhorar o equilíbrio e manter o contínuo solo-planta-atmosfera. Neste sentido, é de fundamental importância conhecer os efeitos e consequências do uso dos hormônios vegetais para definir critérios para aplicação, além das quantidades a fim de mensurar o limite entre a dose que pode beneficiar ou prejudicar o desenvolvimento normal das plantas, com o intuito de ativar a tolerância às condições adversas do meio. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar o metabolismo do nitrogênio e carbono em *Schinus terebinthifolius* raddi. e *Cedrela fissilis* vell. após a aplicação de ácido salicílico em mudas submetidas à deficiência hídrica. O delineamento experimental foi arranjado em parcelas subdivididas constituído de 4 doses de ácido salicílico (0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}), 4 tempos de estresse (0, 4, 8 e 12 dias) e 3 repetições. Dentre as avaliações realizadas constaram os teores de nitrato e amônio livre, aminoácidos solúveis totais, proteínas, prolina, glicina-betaína, amido, carboidratos solúveis totais, sacarose, conteúdo relativo de água e teores de pigmentos clorofilianos. O metabolismo do nitrogênio e carbono foram alterados em função dos dias de estresse e aplicação de ácido salicílico, além disso, observa-se que o CRA foi o maior influenciador da variação existente nos solutos compatíveis, baseado no fato de que, em função do desiquilíbrio hídrico a planta ajusta osmoticamente o conteúdo celular. Quanto ao uso de ácido salicílico em *Schinus terebinthifolius* até a dose de 200 mg L^{-1} houve aumento no conteúdo relativo de água e a média obtida foi de 83,49%. Em mudas de *Cedrela fissilis* o maior valor obtido para o CRA foi em plantas irrigadas normalmente e sem aplicação do ácido (76,16%) e a menor média foi observada aos 12 dias de suspensão hídrica na dose de 300 mg L^{-1} (34,12%), demonstrando que, para essa espécie doses máximas intensificaram o efeito do estresse, reduzindo drasticamente o conteúdo de água. Ao se avaliar o efeito das doses de ácido salicílico em função dos dias de estresse, nota-se redução do CRA nas plantas para todas as doses, inevitavelmente esses teores irão reduzir, porém é interessante que práticas sejam

desenvolvidas a fim de amenizar o choque resultante da falta de água, desequilibrando o mínimo possível os vegetais e mantendo o máximo de tempo possível as plantas realizando suas atividades principais e armazenando energia para utilizar posteriormente.

Palavras chave: Amônio livre. Drasticamente. Nitrato. Plantas jovens.

METABOLISM OF CARBON AND NITROGEN IN *Schinus terebinthifolius* raddi. **E** *Cedrela fissilis* Vell. **AFTER THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID FOR INDUCTION OF TOLERANCE IN SEEDLINGS SUBMITTED TO WATER STRESS**

4.2 ABSTRACT

The plant, when exposed to stressful conditions, stimulates the production of secondary metabolites and the exogenous application of inducers can facilitate and accelerate some biological responses that promote changes in the seedlings, making them suitable for planting in the field, and also, depending on the stress Hydric metabolic routes are activated to improve balance and maintain the continuous soil-plant-atmosphere. In this sense, it is of fundamental importance to know the effects and consequences of the use of plant hormones to define criteria for application, in addition to the quantities in order to measure the limit between the dose that can benefit or hinder the normal development of the plants, in order to tolerance to adverse environmental conditions. Thus, the objective of the research was to evaluate the nitrogen and carbon metabolism in *Schinus terebinthifolius* Raddi. and *Cedrela fissilis* Vell. after the application of salicylic acid in seedlings submitted to water deficiency. The experimental design was arranged in subdivided plots consisting of 4 doses of salicylic acid (0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}), 4 times of stress (0, 4, 8 e 12 days) and 3 replicates. The evaluations were the contents of nitrate and free ammonium content, total soluble amino acids, proteins, proline, glycine betaine, starch, total soluble carbohydrates, sucrose, relative water content and chlorophyll pigment content. Nitrogen and carbon metabolism were altered as a function of days of stress and salicylic acid application, in addition, it was observed that CRA was the major influent of the variation in compatible solutes, based on the fact that, due to the imbalance the osmotically adjusts the cellular content. As for the use of salicylic acid in *Schinus terebinthifolius* up to 200 mg L^{-1}, there was an increase in the relative water content and the average obtained was 83.49%. In *Cedrela fissilis* seedlings the highest value obtained for CRA was in plants irrigated normally and without application of the acid (76.16%) and the lowest average was observed at 12 days of water suspension at the dose of 300 mg L^{-1} (34 ,

12%), demonstrating that for this species maximum doses intensified the effect of stress, drastically reducing the water content. When evaluating the effect of doses of salicylic acid as a function of stress days, there is a reduction of CRA in plants for all doses, inevitably these levels will reduce, but it is interesting that practices are developed in order to reduce the resulting shock of the lack of water, unbalancing the plants as little as possible and keeping plants as long as possible performing their main activities and storing energy for later use.

Key-words: Ammonium free. Drastically. Nitrate. Young plants.

4.3 INTRODUÇÃO

A utilização de espécies florestais nativas vem aumentando muito nos últimos anos, principalmente para os fins de geração de energia e recuperação de áreas degradadas, com o aumento da demanda por esses produtos cresce a necessidade da produção de mudas de qualidade e em grande quantidade, e por isso, estudos recentes tem destacado o potencial de espécies nativas (ELOY et al., 2013).

A *Schinus terebinthifolius* é uma espécie nativa, conhecida como aroeira-vermelha, é classificada como pioneira e rústica, pertencente à família Anacardiaceae, que apresenta ampla distribuição geográfica e plasticidade ecológica, ocorrendo desde o Nordeste até o sul do país, porém é mais frequente na faixa do Rio Grande do Sul e Pernambuco (GILBERT; FAVORETO, 2011; CARVALHO et al., 2013).

A espécie é classificada como espécie perenifólia, heliófila e xerófita, o que a torna bioindicadora de ambientes naturais ou antropizados. Ocorre nos estágios de capoeira e floresta secundária. É uma espécie apta para recomposição florestal e favorece a sucessão ecológica (SOUZA et al., 2009).

A aroeira pode ser utilizada para construção de móveis, fabricação de carvão e como lenha, além de ser utilizada em projetos paisagísticos. O óleo essencial presente nos frutos e folhas é muito utilizado na indústria culinária como: temperos, vinagre e pimenta assim como utilizados em xaropes, bebidas e na fabricação de perfumes (KHALED et al., 2009).

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. pertencente a família Meliaceae, conhecida popularmente como cedro ou cedro rosa, é uma espécie com ampla distribuição pelo país, porém mais frequente na faixa entre Rio Grande do Sul e Minas Gerais (JARENKOW; BUDKE, 2009).

O cedro é encontrado, principalmente, nas florestas semideciduais e pluvial atlântica, porém pode se desenvolver em áreas nos estádios iniciais e médio de regeneração, atingindo grande porte em estádios avançados da sucessão. Essa classe de vegetais é considerada como estruturante do dossel, podendo atingir mais de 20 metros de altura (SAKURAGUI; STEFANO; CALAZANS, 2013).

O cedro é largamente empregado em projetos paisagísticos e sua madeira tem múltiplos usos, sendo considerada uma espécie fundamental na composição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas para fins de conservação, além disso, pode ser usado na fitorremediação de solos (LELES et al., 2006; CAIRES et al., 2011).

Os fatores que mais limitam a produção florestal são os estresses abióticos e diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para determinar a causa e o efeito proveniente dessa condição (KUMAR et al, 2011; FARIDUDDIN et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014). Esses fatores climáticos podem alterar e condicionar o desenvolvimento das mudas, como a temperatura, radiação solar, deficiência nutricional e a disponibilidade hídrica.

Desta maneira, práticas rotineiras podem ser incluídas ao manejo realizado nos viveiros a fim de melhorar o desenvolvimento e crescimento das mudas, alterando as características relacionadas à qualidade das mudas e ativando defesas constitutivas ou induzidas para proteger os vegetais (LOPEZ et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2017).

A água pode ser considerada um dos fatores ambientais mais limitantes ao estabelecimento e desenvolvimento das mudas, pois afeta as relações hídricas e fotossíntese, alterando o metabolismo das plantas, causando perdas na produção e modificando o continuo solo-planta-atmosfera (RODRIGUES et al., 2011; TONELLO; TEIXEIRA FILHO, 2012; CUNHA et al., 2013).

Dependendo da intensidade e velocidade em que o estresse hídrico é imposto a planta pode responder de três formas, primeiramente tolerando a condição, ou seja, continuando suas atividades mesmo na condição adversa, porém de forma mais lenta, segundo, se adaptando a condição e assim modificando características genéticas que poderão ser passadas para os descendentes ou escapando da seca, porém essa estratégia é mais comum em plantas de alta plasticidade fenotípica (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Situações que exponham as plantas a estresses variados têm vantagens e desvantagens, pois, à medida que pode dificultar algumas atividades metabólicas, pode aumentar a tolerância das mudas e consequentemente aclimatá-las.

A planta quando exposta a alguma condição adversa, estimula a produção de metabólitos secundários e a aplicação exógena de indutores pode facilitar e acelerar algumas respostas biológicas que promovem alterações das mudas, tornando-as aptas para o plantio a campo (GONÇALVES et al., 2014).

Assim conhecer os efeitos e consequências do uso dos hormônios vegetais é muito importante, primeiramente para definir critérios para aplicação, além das quantidades a fim de mensurar o limite entre a dose que pode beneficiar ou prejudicar o desenvolvimento normal das plantas, com o intuito de ativar a tolerância às condições adversas do meio.

O ácido salicílico é um hormônio vegetal que desempenha várias funções nas plantas, dentre elas, regulação da germinação, crescimento, desenvolvimento, amadurecimento, abscisão foliar, transpiração e interferência na absorção de água e solutos

pelas raízes (RIVAS-SAN; PLASENCIA, 2011; HARA et al., 2012; KABIRI; FARAHDAKHSH; NASIBI, 2012; SHARAFIZAD et al., 2013).

Além disso, essa molécula é considerada muito promissora, pois surge como uma alternativa para induzir tolerância nas plantas, por estar relacionada à ativação de enzimas e proteínas ligadas a proteção e sinalização dos vegetais (SÁNCHEZ et al., 2010; KANG; LI; GUO, 2014).

O ácido salicílico é pertencente ao grupo dos compostos fenólicos, sintetizado a partir da via fenilpropanóide, onde a L-fenilalanina, por ação da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) origina o ácido trans-cinâmico. A conversão desse ácido a ácido benzóico pode envolver a β-oxidação, sintetizando substâncias intermediárias antes de formar o ácido benzóico (COLLI, 2008).

O mesmo autor discute que o ácido benzóico, através da enzima ácido-benzóico-2-hidroxilase, é convertido em ácido salicílico, que pode ser conjugado à glicose pela ação da enzima salicilato glucosil transferase, formando o ácido β-O-D glucosilsalicílico (GSA).

Hayat et al. (2010) provou o benefício da aplicação de menores concentrações de AS, promovendo alterações na fisiologia e morfologia das plantas em condições de estresse hídrico.

Entre os mecanismos de proteção pode-se citar o ajuste osmótico, que é ativado em resposta as condições estressantes e constitui-se de uma resposta fisiológico para manter a turgescência celular, por curtos períodos de tempo (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

Esse mecanismo é ativado pelo acúmulo de solutos no vacúolo ou citosol, dentre estes, aminoácido, carboidratos, prolina, glicina betaína, trealose, sacarose, poliaminas, manitol, pinitol e outros, contribuindo para a manutenção e equilíbrio hídrico a fim de preservar a integridade das substâncias que atuam no metabolismo primário dos vegetais e membranas celulares (ASHRAF et al., 2011; MARIJUAN; BOSCH, 2013).

Estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de quantificar as alterações provenientes da aplicação do ácido salicílico em mudas submetidas ao estresse hídrico, avaliando quais características podem ser modificadas, além de determinar quais mecanismos de ação estão ligados ao metabolismo primário e secundário dos vegetais.

Assim, conforme foi exposto, a pesquisa objetivou avaliar o metabolismo do nitrogênio e carbono em *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Cedrela fissilis* Vell. após a aplicação de ácido salicílico em mudas submetidas à deficiência hídrica.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Condução do Experimento

A pesquisa foi conduzida na região oeste do Estado do Paraná, latitude de 24° 33’ 24’’ S, longitude de 54° 05’ 67’’ W e altitude de 420 m. De acordo com o IAPAR e segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical, mantendo a média anual de temperatura entre 22 e 23 °C, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CAVIGLIONE et al., 2001).

Os valores de umidade relativa e temperatura durante o período de estresse das mudas foram obtidos diariamente com o auxílio de um *datalogger* (Modelo KlimaLogg Smart).

Após a aplicação do ácido salicílico, 48 mudas de cada espécie foram selecionadas, respeitando o delineamento imposto nos capítulos anteriores, ou seja, 12 mudas de cada tratamento (doses do ácido salicílico) foram impostas em condições de suspensão hídrica para testar a capacidade do ácido salicílico em induzir resistência nas plantas sob estresse abiótico, que consistiu da segunda fase do experimento.

As mudas com 7 meses de idade e, anteriormente em tubetes foram transplantadas para vasos de 5 litros, preenchidos com uma mistura de solo local (LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico de textura muito argilosa) e húmus na proporção de 3:1.

Antes do inicio da imposição dos tratamentos as mudas foram avaliadas e os parâmetros morfométricos determinados, dentre eles, incremento em altura, diâmetro e número de folhas.

Para a aroeira, as médias obtidas foram de 24,79 cm de altura, 4,72 mm de diâmetro e número de folhas de 15,65, para o cedro, a altura média foi de 8,70 cm, diâmetro de 5,37 mm e número de folhas de 6,52 anotados de 48 mudas de cada espécie.

Os tratos culturais realizados ao longo do experimento consistiram da irrigação, realizada manualmente, duas vezes ao dia, apenas em plantas controle (irrigadas normalmente ao longo do experimento- E1) e limpeza dos vasos.

4.4.2 Delineamento Experimental

Para o ensaio, 48 mudas de cada espécie, *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis*, após a aplicação do ácido salicílico foram submetidas à suspensão hídrica por um período de 0, 4, 8 e 12 dias. As plantas controle (0 dias) foram irrigadas diariamente até o término do período de suspensão hídrica, aos 12 dias. Os demais tratamentos foram retirados dos vasos a

cada 4 dias, quando foi finalizado o período do estresse, pois as análises foram destrutivas e realizadas com todas as repetições.

O delineamento experimental foi arranjado em parcelas subdivididas constituído de 4 doses de ácido salicílico (T1- 0 mg L^{-1}; T2- 100 mg L^{-1}; T3- 200 mg L^{-1}; T4- 300 mg L^{-1}), 4 tempos de estresse (E1-0 dias; E2- 4 dias de suspensão hídrica; E3- 8 dias de suspensão hídrica; E4- 12 dias de suspensão hídrica) e 3 repetições, como pode ser visualizado na Figura 1.

T1E1R3	T3E4R2	T2E1R1	T4R4R3	T1E4R1	T3E3R1	T4E2R3	T1E2R3
T2E4R3	T3E1R1	T1E2R1	T3E4R3	T2E1R2	T4E1R3	T2E4R2	T3E1R3
T3E1R2	T2E2R3	T4E2R2	T4E3R3	T1E1R1	T4E3R1	T2E2R1	T4E3R2
T4E2R1	T1E3R3	T3E4R1	T1E4R3	T4E1R1	T3E2R2	T1E3R1	T2E3R2
T1E2R2	T4E1R2	T2E1R3	T3E3R2	T2E4R1	T4E4R2	T2E3R1	T2E2R3
T2E2R2	T3E2R1	T1E3R2	T2E3R3	T4E4R1	T1E1R2	T3E3R3	E1T4R2

Figura 1- Croqui da área experimental de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* em ambiente protegido

4.4.3 Análises

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Estudo da Biodiversidade em Plantas Superiores (EBPS), localizado na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará.

As avaliações realizadas consistiram na determinação do conteúdo relativo de água (CRA) (SLAVICK, 1979), pigmentos fotossintetizantes (ARNON, 1949), amido (HODGE; HOFREITER, 1962), carboidratos solúveis totais (DUBOIS et al.,1956), sacarose (VAN HANDEL et al., 1968), proteínas solúveis totais (BRADFORD, 1976), aminoácidos solúveis totais (AAST) (PEOPLES et al., 1989) e prolina (BATES; WALDREN; TEARE, 1973); glicina-betaína (GRIEVE; GRATTAN, 1983), nitrato e amônio livre (WEATHERBURN et al., 1967).

4.4.3.1 Conteúdo Relativo de Água (CRA)

Para determinação do conteúdo relativo de água (CRA), retirou-se 30 discos foliares, de aproximadamente 10 mm de diâmetro de cada planta e realizou a pesagem em balança analítica para determinação da massa fresca 1 (MF1).

Logo após o procedimento, os discos foram transferidos para placa de petri, contendo 35 mL de água destilada e mantidos a 25 ºC por 6 horas. Após esse período os discos foram retirados e colocados em papel toalha e se realizou a pesagem para a determinação da massa fresca (MF2).

O mesmo material foi colocado em sacos de papel kraft e levado a estufa a 75 ºC por 48 horas para a determinação da massa seca dos discos (MS). Para determinação do CRA os valores obtidos foram substituídos na formula abaixo, relação descrita por Irigoyen et al. (1992) e expresso em porcentagem. A análise foi realizada entre as 04h00min e 06h00min da manhã a fim de aproveitar o período onde as plantas apresentam maior turgescência celular.

$$CRA\ (\%) = MF_1 – MS/(MF_2 – MS)\ x100 \quad (1)$$

4.4.3.2 Pigmentos Fotossintetizantes

Ao final dos dias de cada estresse, amostras foliares de 14,0 cm^2 foram acondicionadas em tubos Falcon de 15,0 cm^3 previamente revestidos com papel alumínio e preenchidos com 10 mL de acetona a 80%. As amostras permaneceram incubadas a 25 ºC por 48 h. Para essa análise a metodologia foi adaptada, suprimindo as fases de trituração e centrifigução.

Ao término do período de extração, alíquotas de 3 mL foram transferidas para cubetas de quartzo de 3,0 cm^3 e tomadas os valores de absorbância nos comprimentos de 645 e 663 nm.

Os resultados para a concentração de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais foram obtidos conforme as Equações 2, 3 e 4 e os resultados expressos em µmol m^{-2}, considerando o volume do extrator, a área foliar extraída e a massa molar das clorofilas *a* e *b*.

$$\text{Clorofila } a = 12{,}7\ A_{663} - 2{,}69\ A_{645} \quad (2)$$

$$\text{Clorofila } b = 22{,}9\ A_{645} - 4{,}68\ A_{663} \quad (3)$$

$$\text{Clorofila } a + b = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b \quad (4)$$

4.4.3.3 Amido

Para a extração, 20 mg de matéria seca foram colocadas em tubos de ensaio e adicionado 2,5 mL de etanol (C_2H_6O) 80%. As amostras foram levadas a banho-maria durante 1h e a 75 ºC, com agitações a cada 15 minutos.

O material foi centrifugado e o sobrenadante coletado. Todo este processo foi realizado duas vezes, reunindo assim um extrato total com volume a ser completado para 10 mL com etanol 80%.

O precipitado resultante da obtenção do extrato foi utilizado para determinar os teores de amido. Assim, adicionou-se ao precipitado 2 mL de ácido perclórico ($HClO_4$), 30%.

Seguindo os procedimentos, se realizou a agitação por 20 minutos e adição de 1,65 mL de H_2O deionizada em cada tubo. O extrato foi centrifugado e o sobrenadante coletado. Todo o processo de extração foi realizado mais duas vezes, reunindo o extrato total e completando até 25 mL com H_2O deionizada em balão volumétrico.

Em seguida foi adicionado aos tubos de ensaio 0,5 mL do extrato e 2,5 mL de antrona, tampando os tubos e aquecendo a 95 °C por 10 minutos, seguindo do resfriamento em banho de gelo.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro à 620nm, tendo como branco 0,5 mL de ácido perclórico a 6,9% (v/v) (em substituição ao extrato), e 2,5 mL de antrona a 0,14%.

Os teores de amido foram quantificados seguindo a fórmula a seguir:

$Y= 0{,}0201X$ ($R^2 = 0{,}9911$) (5)

Onde:
X= μg de glicose
Y= Abs a 490 nm

4.4.3.4 Carboidratos Solúveis Totais

Para a determinação das concentrações de carboidratos 20 mg das amostras secas e moídas de folhas e raízes foram alocados em tubos de ensaio e adicionado 2,5 mL de etanol (C_2H_6O), 80%.

As amostras foram levadas a banho-maria durante 1h, a 75 ºC, com agitações a cada 15 minutos. O material foi centrifugado e o sobrenadante coletado. Todo este processo foi realizado duas vezes, reunindo assim o extrato total com volume a ser completado para 10 mL com etanol 80%.

Adicionou-se aos tubos de ensaio 200 μL do extrato, 200μL de fenol 5% e 1,0 mL de ácido sulfúrico concentrado. O material foi agitado nos tubos e em seguida repouso em bandeja contendo água à temperatura ambiente (25 ^{o}C) por 10 a 20 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 490 nm.

Para a determinação de carboidratos solúveis totais utilizou-se a fórmula abaixo.

$Y= 0,0201X$ ($R^2 = 0,9923$) (6)

Onde:
X= μg de glicose
Y= Abs a 490 nm

4.4.3.5 Sacarose

Amostras de 50 mg de massa seca de parte aérea e raiz foram homogeneizadas em 1,5 mL de solução de MCW (metanol: clorofórmio: água 12:5:3 v/v/v) durante 30 minutos em tubos de eppendorf de 2,0 mL.

A solução foi centrifugada a 10.000 rpm por 10 minutos, coletado o sobrenadante e o resíduo extraído novamente com igual volume de MCW, seguido de nova centrifugação e coleta do sobrenadante reunidos para obtenção do extrato total.

A cada 2,0 mL do sobrenadante se adicionou 0,5 mL de clorofórmio e 750 μL de água deionizada, seguindo-se agitação e centrifugação a 2000 rpm, por 10 minutos para a separação da fase aquosa.

Em seguida, com a pipeta de Pasteur foi retirada a fração aquosa metanólica (superior) que foi transferida para tubos de ensaio. Os tubos com a fração aquosa metanólica foram levados a banho-maria, com 35 ^{o}C por volta de 30 minutos a 1h, para evaporação do clorofórmio residual e então se determinou o volume restante.

Da fase aquosa metanólica obtida anteriormente foram tomadas alíquotas para as dosagens de sacarose segundo Van Handel, com algumas modificações:

A cada alíquota de 100 μL da fase aquosa adequadamente diluída adicionou-se 100 μL de KOH 30%. Seguindo a agitação, a mistura foi aquecida a 100 ^{o}C por 10 minutos e, após resfriamento, adicionou-se 3,0 mL de solução de antrona 0,2 % em ácido sulfúrico. A mistura foi agitada e aquecida a 40 ^{o}C por 20 minutos e após resfriamento, agitou-se as amostras por 10 segundos e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm.

Para determinar os teores de sacarose utilizou-se a fórmula abaixo:

$Y= 0,0081X – 0,008$ ($R^2 = 0,9984$) (7)

Onde:
X= μg de sacarose
Y= Abs a 620 nm

4.4.3.6 Nitrato (NO_3^-)

Para determinação da atividade do nitrato, 2 mg de matéria seca de raiz e folha foram misturadas em eppendorfs de 2 mL e acrescidos 2 mL de água destilada. Os microtubos foram levados ao agitador a fim de promover a homogeneização das amostras.

Após a mistura as amostras foram levadas a banho-maria por 30 minutos, a 100 ºC. Os tubos foram levados a centrífuga (2500 rpm por 5 minutos) e do sobrenadante obtido, 100 μL foi misturado com 200 μL da mistura 1 de reação (Tabela 1) e agitados.

Tabela 1- Descrição da mistura 1 de reação para determinação de nitrato para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (μL) e massa seca (mg)
$C_7H_6O_3$	Puro	10
H_2SO_4	Puro	200

Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

Após a agitação adicionou-se 1700 μL da mistura 2 de reação (Tabela 2) e as amostras foram mantidas por 20 minutos a temperatura ambiente e se procedeu com as leituras em espectrofotômetro a 410 nm. O branco foi preparado com 200 μL de mistura 1 de reação, 100 μL de H_2O e 1700 μL mistura 2 de reação.

Tabela 2- Descrição da mistura 2 de reação para determinação de nitrato para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (μL) e massa seca (2mg)
NaOH	5M	95
H_2O	-----	805

Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

Para determinar dos teores de nitrato utilizou-se a fórmula abaixo:

$Y= 1,2X$ ($R^2 = 0,9988$) (8)

Onde:
X= μmol de amônia
Y= Absorbância a 625 nm

4.4.3.7 Amônio Livre (NH_4^+)

Foram colocados em eppendorfs de 2 mL, 2 mg do material moído e seco das raízes e das folhas, adicionando 2 mL de água destilada, homogeneizado em agitador e levados a banho maria por 30 minutos e à 100 ºC.

Após este processo os tubos foram centrifugados a 2500 rpm por 5 minutos e do sobrenadante obtido se retirou 150 µL e misturou com 925 µL da solução 1 de reação (Tabela 3) e por fim seguiu agitação.

Tabela 3- Descrição da solução 1 de reação para determinação de amônio para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (µL) e massa seca (2mg)
C_6H_5OH	15%	310
$Na_2[Fe(CN)_5NO$	0,5%	10
H_2O	--------	605

Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

Seguindo a agitação adicionou-se 925 µL da solução 2 (Tabela 4) de reação e em seguida agitou-se novamente os microtubos e as amostras foram incubadas a 37 °C por 20 minutos. Estas foram mantidas por 40 minutos a temperatura ambiente e seguiu as leituras em espectrofotômetro a 625 nm. O branco foi preparado com 925 µL de solução 1 de reação, 150 µL de H_2O e 925 µL solução 2 de reação.

Tabela 4- Descrição da solução 2 de reação para determinação de amônio para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (µL) e massa seca (2mg)
NaOCl	Puro	25
NaOH	5%	95
H_2O	-----	805

Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

Para o cálculo da quantidade de amônio livre presente nas amostras utiliza-se as seguintes fórmulas:

0,1428 µmol de NH_4^+ ---------- 0,413 (Abs 625 nm)
X ---------- L
X = 0,345 x L (µmol de NH_4^+ / 400 µL de extrato) (9)

0,345 x L ----------400 µL de extrato
X'' ----------5000 µl de extrato
X'' = 4,3125 x L (µmol de NH_4^+ / 5 mL ou 50 mg MS) (10)

4,3125 x L ----------50 mg MS
X''' ----------1000 mg MS
X''' = 86,25 x L (μmol de NH_4^+ / g de MS) (11)

X = 86,25 x L x Diluição (mmol de NH_4^+/ Kg de MS) (12)

4.4.3.8 Proteínas Solúveis Totais

Para determinação de proteínas 100 mg de matéria seca de folha e raiz foram misturadas com 5,0 mL do tampão de extração (Tris-HCl 25 mM pH 7,6). Em seguida os tubos, devidamente lacrados, ficaram sendo agitados durante 2 horas na mesa agitadora "shaker" orbital digital (Modelo SP-180/D).

Procedeu com a centrifugação do material a 2000 rpm, por 10 minutos. Em seguida, foram colocados nos tubos de ensaios 100 μL do sobrenadante após a centrifugação + 2,5 mL do reagente de Bradford.

Os tubos foram agitados delicadamente, para não haver desnaturação das proteínas e após 15 minutos de repouso as leituras foram realizadas no espectrofotômetro, com comprimento de onda de 595 nm e os resultados expressos em mg^{-1} proteína g de massa seca. O branco foi feito com 100 μL de água + 2,5 mL do reagente de Bradford.

Para determinar as proteínas solúveis totais utilizou-se a fórmula abaixo:

Equação da curva: Y= 0,0145X (R^2 = 0,9945) (13)

Onde:
X= μg de proteínas.
Y= Abs a 595 nm.

4.4.3.9 Aminoácidos Solúveis Totais

Para determinação de aminoácidos solúveis totais, 2 mg do material, raiz e parte aérea, secos e moídos, foram colocados em eppendorfs de 2 mL e adicionado 2 mL de H_2O destilada. A mistura foi homogeneizada em agitador e levada a banho-maria por 30minutos a 100 ºC.

O material foi centrifugado a 2500 rpm por 5 minutos, colocado 200 μL de solução 1 (Tabela 5) e 200 μL de solução 2 (Tabela 6), 320 μL de H_2O destilada e 80 μL de extrato em microtubos, agitados e incubados a 100 °C por 15 minutos. As amostras foram colocadas em um recipiente com água e gelo, a fim de promover a paralização das reações e adicionado 1200 μL de etanol a 50%.

Tabela 5- Descrição da solução 1 de reação para determinação de aminoácidos solúveis totais para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (µL) e massa seca (2mg)
$C_6H_8O_7$	2M	20
NaOH	5M	16
H_2O (pH 5,0)	-----	≈ 164 (H_2Oadic = 164 – base/ácido)

Antes de adicionar H_2O deve ser ajustado o pH da solução de reação 1 para pH 5,0
Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

Tabela 6- Descrição da solução 2 de reação para determinação de aminoácidos para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (µL) e massa seca (2mg)
$C_4H_{10}O$	Puro	160
KCN	0,001M	40
$C_9H_6O_4$	Pura	1,7

Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

O material foi mantido por 20 minutos a temperatura ambiente e em seguida as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 570 nm. O branco foi resultante da mistura de 200 µL da solução 1 de reação, 200 µL da solução 2 de reação, 400 µL de H_2O e 1200 µL de etanol a 50%.

Para determinação dos aminoácidos solúveis totais utilizou-se a fórmula abaixo:

$Y= 0,0201X$ ($R^2 = 0,9923$) (14)

Onde:
X= µg de glicose
Y= Abs a 490 nm

4.4.3.10 Prolina

Foram colocados em eppendorfs 2 mg de pó da matéria seca (MS) das raízes e das folhas e adicionados 2 mL de H_2O destilada, logo depois o material foi homogeneizado em agitador e levado a banho-maria por 30 minutos e à 100 ºC.

Após este processo, os tubos foram centrifugados a 2500 rpm por 5 minutos e 400 µL do sobrenadante foi colocado em microtubos juntamente com 400 µL da mistura da reação (Tabela 7) e 400 µL ácido acético a 100%, seguindo de agitação e incubação a 100 °C por 60 minutos.

Tabela 7- Descrição da mistura de reação para determinação de prolina para o volume de uma amostra

Reagentes	Concentração	Volume (μL) e massa seca (2mg)
$C_2H_4O_2$	Puro	240
$H_3PO_4^*$	6M	160
$C_9H_6O_4$	Pura	10

Fonte: Lobato; Barbosa, 2012.

Em seguida as amostras foram distribuídas em recipientes com água e gelo a fim de paralisar a reação, adicionado 800 μL de tolueno a 100% e agitados vigorosamente por 30 segundos.

As amostras foram mantidas em temperatura ambiente por 20 minutos e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 520 nm. Descartou-se a fase não aquosa (parte superior). O branco foi feito somente com tolueno a 100%.

Para o cálculo da determinação de prolina utilizou-se a seguinte fórmula:

$Y= 8{,}1941X + 0{,}0457$ ($R^2 = 0{,}9961$) (15)

Onde:
X= μmol de prolina
Y= Absorbância a 520 nm

4.4.3.11 Glicina-Betaína

Para a extração da glicina-betaína, 25 mg de matéria seca de folha e raiz foram transferidas para tubos eppendorfs de 2 mL, adicionando 2 mL de água destilada e agitados por 4 h em mesa agitadora "shaker" orbital digital (Modelo SP-180/D) a 25 ^oC (extração a frio). As amostras foram centrifugadas a 10.000 rpm por 10 minutos e a 25^o C.

Após a extração do sobrenadante o extrato aquoso foi coletado e foi descartado o precipitado. Em eppendorfs de 2 mL adicionou-se 250 μL do extrato aquoso + 250 μL de H_2SO_4 2N (diluição da amostra 1:2) e estes permaneceram durante 1h no banho de gelo (na geladeira- de 0^o a 4^o C).

Em seguida, foi adicionado 200 μL de KI-I_2 gelado e novamente permaneceram em banho de gelo por 16h a 0 ^oC. O material foi centrifugado durante 15 minutos, a 10.000 rpm e a 0 ^oC e descartado o sobrenadante, seguindo da lavagem do precipitado por 2 vezes com 2 mL de H_2SO_4 1N.

O material foi novamente centrifugado por 5 minutos a 10.000 rpm e a 0 ^oC após cada lavagem. Por fim, o precipitado foi dissolvido em 3 mL de 1,2-dicloroetano e agitado

vigorosamente. Após, aproximadamente 2h de descanso foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 365 nm.

Para a determinação dos valores de glicina-betaína segue a fórmula abaixo.

$Y=0,0015X -0.0037$ ($R^2 = 0,9969$) (16)

Onde:
X= μg de glicina betaína
Y= Absorbância a 365 nm

4.4.4 Análise dos Dados

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste Bartlett e Shapiro-Wilk a fim de testar a homogeneidade e normalidade dos dados, seguido da análise de variância. Mediante a significância dos dados pelo teste F, procedeu-se a análise em parcelas subdivididas pelo teste de Tukey (P>0,05).

Para as avaliações que não seguiram as pressuposições estatísticas foi realizada a transformação de dados pelo método da raiz quadrada de x e após esse procedimento as médias obtidas foram normais e homogêneas.

Para os dados de amônio, prolina e sacarose para folhas e raízes, nitrato em folhas e carboidratos nas raízes para mudas de *Cedrela fissilis* se procedeu à transformação dos dados. Em plantas de *Schinus terebinthifolius* os seguintes parâmetros também foram transformados pelo mesmo método: clorofila *a, b* e totais, prolina em folhas e amido, carboidratos e sacarose em raízes.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* irrigadas normalmente não houve efeito para as doses de ácido salicílico e as mudas apresentaram as seguintes médias 83,89; 75,42; 83,49 e 69,42% (Tabela 8).

Para a mesma espécie após 4 e 12 dias de suspensão hídrica não houve diferença significativa em função do aumento das doses de ácido salicílico e a média foi de 63,30 e 34,51% (Tabela 8).

Como pode ser visualizado na Tabela 1 aos 8 dias de estresse a dose de 200 mg L^{-1} resultou em maior média (73,70%), demonstrando que em determinadas condições o indutor de crescimento pode atenuar os efeitos do estresse hídrico, preservando e aumentando as concentrações de água na célula, o mesmo pode ser observado em plantas irrigadas

diariamente, onde a dose de 200 mg L^{-1} aumentou o conteúdo de H_2O no meio celular, porém sem diferença significativa para os demais tratamentos.

Ao avaliar os dias de estresse para a espécie *Schinus terebinthifolius* em função das doses de AS se observou que independente das doses houve redução do CRA e as porcentagens para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1} foram de 59,17; 49,39; 48,78 e 67,06%.

Naturalmente, em condição de estresse a planta irá apresentar redução na quantidade de água nas células, porém é interessante estudar práticas que amenizem os efeitos resultantes das condições adversas permitindo que a planta continue com suas atividades, mesmo que de forma limitada.

Para as plantas controle (sem aplicação do AS) houve redução gradativa do conteúdo de água nas células na proporção que dias do estresse hídrico foram intensificados. Resultante dessa alteração a maioria, senão todas as atividades metabólicas irão cessar, pois de todos os fatores a água é o mais limitante no desenvolvimento normal dos vegetais e naturalmente em condição de suspensão hídrica as plantas irão perder água, seja por transpiração estomática ou cuticular (Tabela 8).

Tabela 8- Conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

CRA (%)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	83,89 aA	56,99 bB	52,64 bB	34,25 abC
100	75,42 abA	59,65 abB	54,97 bB	38,17 aC
200	83,49 aA	67,61 abB	73,70 aAB	42,76 aC
300	69,42 bA	68,95 aA	49,67 bB	22,87 bC
dms *	11,83	dms**	11,88	
CV (%) *	9,33	CV (%)**	9,86	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Em mudas de *Cedrela fissilis* após 0 e 8 dias de estresse hídrico as doses de ácido salicílico utilizadas não foram capazes de promover diferença entre os tratamentos para o conteúdo relativo de água e as médias gerais obtidas para as mudas de *Schinus terebinthifolius* foram de 66,74 e 57,13% (Tabela 9).

Na suspensão hídrica de 4 dias a dose de 200 mg L^{-1} foi eficiente em manter o CRA e assim maximizar o aproveitamento de água pela planta, demonstrando que nesta condição, o

indutor utilizado foi eficiente na indução de tolerância, ajudando no funcionamento das células e mantendo a turgescência das mesmas e o valor obtido foi de 72,50%.

Aos 12 dias de estresse hídrico, o conteúdo de água decresceu drasticamente em relação às plantas hidratadas e a porcentagem de redução foi de 51,35; 24,27; 33,75 e 40,48% após a aplicação de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}, respectivamente.

Quando se avalia o efeito das doses de ácido salicílico em função dos dias de estresse, se observa redução do CRA nas plantas para todas as doses. Em suma, os teores de água, inevitavelmente irão reduzir, porém é interessante que práticas sejam desenvolvidas a fim de amenizar o choque resultante da falta de água, desequilibrando o mínimo possível os vegetais.

O maior valor obtido em mudas de *Cedrela fissilis* para o CRA foi em plantas irrigadas normalmente e sem aplicação do ácido (76,16%) e a menor média foi observada aos 12 dias de suspensão hídrica na dose de 300 mg L^{-1} (34,12%), em algumas condições, doses elevadas de ácido salicílico podem intensificar os efeitos do estresse e promover a modificação de atividades metabólicas essenciais nos vegetais, refletindo em desbalanço do sistema (Tabela 9).

Em trabalhos desenvolvidos por Chaves Filho e Stacciarini-Seraphin (2001) não se observou diferença significativa para o conteúdo relativo de água entre as plantas de *Solanum lycocarpum* St.-Hil. irrigadas normalmente e em plantas com 40% da capacidade de campo, as médias obtidas foram de 92,85 e 90,64%, respectivamente.

Tabela 9- Conteúdo relativo de água (CRA) em mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

CRA (%)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	76,16 aA	56,71 bB	63,32 aB	37,05 bC
100	63,66 bcA	61,97 bA	58,00 abA	48,21 aB
200	69,83 abA	72,50 aA	52,59 bB	46,26 aB
300	57,33 cA	59,22 bA	54,62 bA	34,12 bB
dms *	8,19	dms**	8,01	
CV (%) *	6,25	CV (%)**	7,18	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Aos 0, 4 e 12 dias de estresse não houve diferença significativa com o aumento das concentrações de ácido salicílico para os teores de clorofila *a* em mudas de *Schinus*

terebinthifolius e as médias obtidas para a clorofila *a* foram de 97,51; 95,38 e 89,91 umol m^{-2}. Após 8 dias de estresse houve redução drástica nos pigmentos clorofilianos e o decréscimo foi de 61,57% (Tabela 10).

Com a redução da área foliar e número de folhas, obviamente os pigmentos apresentariam redução nos seus teores. Isso afeta inúmeras funções fisiológicas, principalmente a produção de fotoassimilados e armazenamento de energia.

Além disso, os pigmentos podem ser afetados em condições de estresse hídrico, reduzindo assim, os seus teores devido a danos oxidativos no aparato fotossintético. Em contrapartida pode refletir em aumento dos carotenóides e da enzima peroxidase (EGERT; TEVINI, 2002).

Em relação à concentração de ácido salicílico não houve diferença estatística significativa quando os dias de estresse aumentaram e a média para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1} foram de 95,97; 96,08; 79,98 e 83,84 umol m^{-2} em mudas de *Schinus terebinthifolius* (Tabela 10).

Tabela 10- Teor de clorofila *a* em mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Clorofila *a* (umol m^{-2})				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	113,40 aA	93,04 aA	104,72 aA	72,71 aA
100	106,56 aA	101,66 aA	97,95 aA	78,13 aA
200	69,38 aAB	102,20 aA	49,34 bB	98,99 aA
300	100,70 aA	84,62 aAB	40,24 bB	109,79 aA
dms *	2,50	dms**	2,70	
CV (%) *	12,90	CV (%)**	9,42	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Quando se quantificou o teor de clorofila *b* se concluiu que não existiu interação entre os dias de estresse e as doses de ácido salicílico em plantas jovens de aroeira e a média geral obtida foi de 34,06 umol m^{-2}.

Para os teores de clorofilas totais em mudas de aroeira as variáveis estudadas não foram influenciadas uma pela outra e as médias obtidas foram de 132,76; 132,33; 105,62 e 121,39 umol m^{-2} após 0, 4, 8 e 12 dias de suspensão hídrica e de 130,79; 130,85; 114,15 e 116,33 para as doses crescentes do AS.

Não houve interação para os pigmentos clorofilianos entre os fatores estudados em mudas de cedro, além disso, ao se avaliar as fontes de variação isoladamente não se detectou diferenças significativas para os tratamentos (P>0,05). A média observada para os teores de clorofila *a, b* e totais foram de 92,89, 32,74 e 125,64 umol m^{-2}.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moura et al. (2016) o qual não detectou diferença significativa para os pigmentos fotossintéticos nos dois primeiros períodos de avaliação (60 e 90 dias) em plantas sob estresse hídrico e as médias para os teores de clorofila *a* variaram entre 0,65 a 0,91 mg g^{-1} MF e clorofila *b* entre 0,27 a 0,91 mg g^{-1} MF aos 60 dias de avaliação em plantas jovens de *Jatropha curcas* L.

Aos 120 dias houve aumento nas concentrações de clorofila *a* nas plantas com 60 e 40% da capacidade máxima de retenção de água pelo solo. Os teores de clorofila *b*, no entanto, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos nas três fases de avaliação (MOURA et al., 2016). Assim, é interessante salientar que outro fator que pode condicionar respostas na planta é o tempo de exposição aos tratamentos.

O AS é pouco compreendido e dependem de vários fatores, como a sanidade das plantas, genética, nutrição, solo, clima, fenologia, espécie, além das doses utilizadas e período em que o indutor foi aplicado.

Nesse sentido, é interessante conhecer os fatores que irão afetar positiva ou negativamente o uso de estímulos químicos a fim de determinar quais alterações são provenientes da aplicação exógena do indutor para as mais diversas espécies (PÁL et al., 2014).

O conteúdo relativo de água é um dos principais determinantes para a variação existente no conteúdo de solutos compatíveis, ou seja, a maioria das variações nos compostos de carbono e nitrogênio é proveniente das oscilações no conteúdo de água, além disso, a alteração desses compostos presentes nas células pode servir como um indicador de tolerância à seca (SCHONFELD et al., 1988).

O amido é uma molécula complexa de carboidrato, constituído basicamente de glicose de longas cadeias conectadas por meio de ligações glicosídicas, além disso, essa molécula é a principal forma de armazenamento de energia nas plantas (COLLI, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2017).

Quando as plantas foram submetidas ao estresse os resultados para o teor de amido foram crescentes após 0 e 12 dias sem água e com o aumento das doses do ácido salicílico. As maiores médias obtidas foram de 1,78 e 2,61 umol de glicose g^{-1} MS em folhas de *Schinus terebinthifolius* para a dose de 200 mg L^{-1} (Tabela 11). Porém para as plantas hidratadas

durante o experimento não houve diferença significativa em função do aumento nas doses do ácido salicílico e as médias 1,34; 1,29; 1,78 e 1,57 umol de glicose g^{-1} de matéria seca-MS.

O ácido salicílico interage com outros hormônios, de forma harmônica ou não, dependendo das condições em que os vegetais são expostos, além de fatores intrínsecos (JOSEPH; JINI; SUJATHA, 2010), por isso, nesta pesquisa os resultados variaram em função dos dias de estresse, doses do ácido e espécie.

Em mudas submetidas a 4 dias de estresse o resultado foi contrário e o menor valor foi obtido na dose máxima do regulador (300 mg L^{-1}), apenas esse tratamento diferiu dos demais e a média foi de 1,46 umol de glicose g^{-1} MS (Tabela 11).

Nas folhas em determinadas condições o amido pode ser hidrolisado e transportado para a raiz, principal órgão de reserva, essas moléculas serão oxidadas com o objetivo de utilizar a energia presente nelas para realizar as atividades metabólicas essenciais, baseado no fato que os vegetais aproveitam os açúcares na forma mais simples.

Além disso, a conversão de amido em sacarose é a principal via e estratégia de defesa das plantas a fim de promover o equilíbrio osmótico e atenuar os efeitos causados pela falta de água no sistema, permitindo que atividades essenciais continuem sendo desenvolvidas (GEIGENBERGER et al., 1997).

Na dose de 300 mg L^{-1} apenas aos 8 dias de estresse houve diferença estatística entre os tratamentos e as médias obtidas foram de 1,57; 1,46; 2,85 e 2,01 umol de glicose g^{-1} de MS (Tabela 11).

Em plantas de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* B.) submetidas ao estresse hídrico os valores para os teores de amido em folhas reduziram em torno de 41,45% do tratamento controle para mudas alagadas apenas nas raízes, após 25 dias (HENRIQUE et al., 2010).

Os mesmos autores ainda relatam que em plantas completamente alagadas a redução foi de 59,53% do tratamento controle. Entretanto, é interessante ressaltar que a partir dos 5 dias já houve redução significativa (73%) nos teores desse soluto.

Tabela 11- Teor de amido em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Amido (umol de glicose g^{-1} de matéria seca-MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	1,34 bB	2,54 aA	2,72 aA	1,43 cB
100	1,29 bB	2,39 aA	1,98 bA	1,24 cB
200	1,78 aB	2,43 aA	2,71 aA	2,61 aA
300	1,57 abBC	1,46 bC	2,85 aA	2,01 bB
dms *	0,43	dms**	0,46	
CV (%) *	10,1	CV (%)**	8,89	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Em raízes de mudas de aroeira os resultados encontrados para a maioria dos tratamentos foram maiores, isso ocorreu porque em condições de estresse hídrico os vegetais redirecionam a energia e solutos a fim de promover a osmoproteção dos tecidos e evitar a plasmólise das células, como o amido é produzido nos cloroplastos e redirecionado para as demais partes da planta, principalmente para o citosol na forma de sacarose esses teores podem aumentar muitas vezes.

Nessas condições os produtos sintetizados na fotossíntese são redirecionados para o crescimento radicular, para aumentar a superfície de exploração das raízes e melhorar a absorção de água, essa estratégia é utilizada pelas plantas, pois a transpiração e absorção de água devem ocorrer de forma equilibrada.

Os menores valores foram obtidos para as plantas irrigadas diariamente e os resultados não diferiram com as doses do ácido salicílico, a média foi de 1,31 umol de glicose g^{-1} de MS. Após 4, 8 e 12 dias de estresse não foi verificada diferença significativa (P>0,05) e as médias foram de entre 3,38; 3,58 e 6,23 umol de glicose g^{-1} de MS de amido em raízes de *Schinus terebinthifolius* (Tabela 12).

As plantas de aroeira não tratadas e aquelas na concentração de 200 e 300 mg L^{-1} não externaram diferença significativa, apenas na dose de 100 mg L^{-1} houve aumento das concentrações e os teores variaram de 1,36 para 5,48 umol de glicose g^{-1} de MS, representando um aumento de aproximadamente 302,94% (Tabela 12).

Tabela 12- Teor de amido em raízes de mudas de *Schinus* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Amido (umol de glicose g^{-1} de matéria seca-MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	1,51 aC	3,11 abBC	5,20 aAB	7,59 aA
100	1,36 aB	1,67 bB	2,77 aB	5,48 aA
200	1,17 aC	3,97 abAB	2,82 aBC	5,87 aA
300	1,20 aC	4,75 aAB	3,53 aBC	5,98 aA
dms *	2,44	dms**	2,42	
CV (%) *	31,79	CV (%)**	35,07	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Em plantas jovens de *Cedrela fissilis* não houve diferença significativa para as plantas não tratadas com o indutor de crescimento e para as doses de 200 e 300 mg L^{-1} nas folhas, as médias obtidas foram de 4,39; 5,06 e 4,30 umol de glicose g^{-1} de MS (Tabela 13).

As mudas tratadas com 100 mg L^{-1} e irrigadas normalmente apresentaram menor valor porque o AS pode induzir respostas adaptativas nas plantas, contrariando alguns resultados encontrados na literatura.

O AS está envolvido na defesa da planta, ativando genes e moléculas que promovem a tolerância dos vegetais contra estresses abióticos. Em pesquisas desenvolvidas recentemente o ácido melhorou a tolerância das plantas aos mais distintos estresses, como a salinidade, osmótico, hídrico, térmico e presença de metais pesados (KHAN et al., 2012; 2013; 2014; FAYEZ; BAZAID, 2014; ASGHER et al., 2015; NAZAR et al., 2015; ZHANG et al., 2015).

Além do mais, altas concentrações desse indutor podem promover o efeito contrário ao esperado, ao invés de induzir tolerância nas plantas, pode desencadear estresses diversos nas mesmas (HAYAT et al., 2010; MIURA; TADA, 2014).

Em plantas irrigadas normalmente as concentrações de amido não diferiram em função da aplicação de ácido salicílico, assim como em mudas submetidas a 8 dias de suspensão hídrica. Aos 4 dias, houve redução dos teores de amido na dose máxima, apresentando uma redução de, aproximadamente, 68,51% do tratamento 1 para o 4 (Tabela 13).

Em trabalhos discutidos por Liu et al. (2003) se observou que a falta de água pode causar mobilização de amido presente nos cloroplastos e assim reduzir os teores dessa substância nas folhas.

Em contrapartida, aos 12 dias os teores aumentaram e a maior média foi obtido na dose de 200 mg L^{-1}, este tratamento não diferiu, no entanto, das doses de 100 e 300 mg L^{-1} (Tabela 13), reforçando que em determinadas condições e avaliações, as respostas podem ser distintas e melhorar ou intensificar as condições adversas.

Nesse caso, o armazenamento foi maior nas plantas mais estressadas e sobre maiores concentrações do ácido, isso pode ser consequência do efeito protetor proveniente do indutor que atuou no ajuste osmótico celular. Em condições de estresse a planta armazena energia para utilizar posteriormente, redirecionando os compostos carbonados e nitrogenados para as raízes.

Em determinadas situações a aplicação exógena do AS pode apresentar respostas contrárias, gerando um alto índice de deficiência, além disso, altas concentrações do indutor podem aumentar a susceptibilidade as condições do meio. As doses de 0,1 a 0,5 mM melhoram a tolerância, dependendo do estádio de crescimento e cultivo (YUAN; LIN, 2008).

O regulador de crescimento estudado atua em vários mecanismos dos vegetais, dentre eles, produção, assimilação e armazenamento de carbono, síntese de metabólitos em geral, fotossíntese e respiração, além de regular o potencial hídrico e osmótico das células refletindo no aumento da área foliar e consequentemente crescimento das mudas em situações de estresse (FAROOQ et al., 2010).

Tabela 13- Teor de amido em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Amido (umol de glicose g^{-1} de matéria seca-MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	5,72 aA	5,97 aA	2,91 aA	2,95 bA
100	2,57 bB	6,59 aA	3,38 aB	6,75 aA
200	3,55 abB	5,77 aAB	2,99 aB	7,93 aA
300	4,52 abAB	1,88 bB	3,98 aAB	6,80 aA
dms *	2,75	dms**	3,12	
CV (%) *	29,88	CV (%)**	11,44	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Quando o sistema solo-planta é afetado inúmeros processos são alterados, no caso da seca o amido pode ser degradado e transportado da fonte até os drenos preferenciais, que nessa condição são as raízes, a fim de melhorar a absorção de água, promovendo o

crescimento das mesmas e aumentando a área de exploração das raízes (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Não houve interação entre os dias de estresse e doses do ácido quando se avalia as concentrações de amido em raízes de *Cedrela fissilis* e a média geral foi igual a 3,43 umol de glicose g^{-1} de MS.

Os carboidratos atuam na regulação dos vegetais em condição de estresse, porém para essa pesquisa não houve interação entre as doses do ácido salicílico e dias de estresse em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* e as médias obtidas para as folhas e raízes das respectivas espécies foram de 2,35; 1,50 e 1,53; 1,88 umol carboidratos g^{-1} de MS.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moura et al. (2016) em folhas de *Jatropha curcas* onde não se detectou diferença significativa em função do estresse hídrico para os solutos orgânicos.

Porém, segundo os mesmos autores, quando se avalia a raiz, no período de 120 dias houve aumento nos teores de carboidratos e proteínas no tratamento com 60% da capacidade máxima de retenção de água pelo solo (CP), os teores de aminoácidos aumentaram no tratamento com 40% da CP e a média variou entre 0,5 e 1,0 µmol g^{-1} de MF.

Em contraste ao obtido na pesquisa, em plantas de sibipiruna sob alagamento completo os valores de açucares solúveis totais sempre foram menores quando comparado às plantas alagadas apenas nas raízes e a controle, porém esse decréscimo foi mais evidente aos 15 dias, refletindo em redução percentual de 74,15% quando comparadas as plantas irrigadas normalmente (HENRIQUE et al., 2010).

Em plantas de *Schinus terebinthifolius* irrigadas normalmente as concentrações de sacarose aumentaram até a dose de 200 mg L^{-1} e o valor foi de 241,56 ug de sacarose 50mg^{-1} MS, este diferiu dos demais tratamentos (Tabela 14).

Após 4 dias de estresse hídrico não houve diferença significativa (P>0,05) para as doses de ácido e a média obtida nesse período de suspensão hídrica foi de 179,01 ug de sacarose 50 mg^{-1} MS (Tabela 14).

As mudas de *Schinus terebinthifolius* submetidas ao estresse hídrico por 8 e 12 dias apresentaram valores decrescentes com o aumento nas doses do ácido, isso pode ocorrer porque altas concentrações podem desencadear um intenso estresse nas plantas, dificultando o metabolismo normal em condições de estresse biótico ou abiótico (Tabela 14). A redução percentual para os tratamentos foi de 53,92 e 45,20% do tratamento controle para a dose máxima do regulador.

As doses de 100 e 200 mg L^{-1} foram eficazes no aumento das concentrações de sacarose e aos 4 e 8 dias de estresse os maiores valores foram observados com médias de 188,44 e 255,61 ug de sacarose 50 mg^{-1} MS, respectivamente, melhorando o ajuste hídrico nas plantas por meio da regulação osmótica (Tabela14).

No entanto, para a dose de 100 mg L^{-1} não houve diferença estatística entre os dias 4, 8 e 12. Na dose de 200 mg L^{-1} aos 8 dias de estresse não se observou diferença estatística (P>0,05) em mudas irrigadas normalmente.

Ao contrário do obtido na pesquisa, os teores de sacarose não apresentaram diferença estatística significativa (P>0,05) e a média foi de 6,85 e 7,15 mg^{-1} g^{-1} de MS nas folhas e 18,61 e 21,95 mg^{-1} g^{-1} de MS nas raízes para as plantas irrigadas até a capacidade de campo (CC) e com 40% da CC, respectivamente (CHAVES FILHO; STACCIARINI-SERAPHIN, 2001).

As médias obtidas para as concentrações de sacarose na folha em plantas de *Carica papaya* L. foram de 16,98 e 24,45 mg g MS nos tratamentos controle e suspensão hídrica de 20 dias, respectivamente. Na raiz, no entanto, os valores foram de 5,87 e 9,67 mg^{-1} g^{-1} de MS para os mesmos tratamentos (SILVA et al., 2012).

Tabela 14- Teor de sacarose em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Sacarose (ug de sacarose 50mg^{-1} MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	85,67 bcC	179,77 aB	304,76 aA	165,72 aB
100	71,63 cC	188,44 aA	167,13 bAB	127,80 bAB
200	241,56 aA	178,36 aB	255,61 aA	95,50 bC
300	139,04 bAB	169,47 aA	140,44 bAB	90,82 bB
dms *	56,18	dms**	53,96	
CV (%) *	14,74	CV (%)**	17,97	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Não houve interação entre os fatores avaliados em raízes de *Schinus terebinthifolius* para os teores de sacarose e só se observou diferença significativa para os dias de estresse hídrico. As médias foram crescentes à medida que os dias de estresse intensificaram e o maior valor foi obtido após 8 dias de suspensão hídrica (328,87 ug de sacarose 50 mg^{-1} de MS), porém este não diferiu dos tratamentos de 4 e 12 dias (Tabela 15).

Nessas condições, a deficiência hídrica pode apresentar alterações nas concentrações de carboidratos, pois afeta, a síntese de fotoassimilados, convertendo em moléculas menores, como sacarose, glicose, frutose, entre outros e redirecionando a energia para o desenvolvimento normal do metabolismo da planta (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Os açúcares, em especial, a sacarose atua na regulação osmótica das células e em condição de estresse esses compostos podem manter e restabelecer a integridade das membranas, promovendo um equilíbrio e reidratação celular (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009; GAUPELS et al., 2011).

Tabela 15- Teor de sacarose em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Estresse hídrico (dias)	Sacarose (ug de sacarose 50 mg^{-1} de MS)
0	137,40 b
4	294,69 a
8	328,87 a
12	244,14 a
Dms	3,31
CV (%)	19,04

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A sacarose pode aumentar sob estresse hídrico, pois ocorre a biossíntese desse composto por conta do aumento da atividade da enzima sacarose fosfato sintetase que atua na proteção das células e membranas contra a desidratação (HOEKSTRA; GOLOVINA; BUITINK, 2001).

Porém em folhas de *Cedrela fissilis* não houve diferença significativa entre os tratamentos e a média geral foi de 221,02 ug de sacarose 50 mg^{-1} de MS.

Os vegetais tentam buscar o equilíbrio hídrico reduzindo o potencial osmótico pelo aumento dos solutos presentes nas células. No caso das mudas de *Cedrela fissilis,* como pode ser visualizada na Tabela 16, a evolução nas doses de ácido salicílico promoveu o aumento na concentração de sacarose nas raízes e as médias obtidas foram de 266,84; 296,80; 539,30 e 516,83 ug de sacarose 50 mg^{-1} de MS em plantas irrigadas diariamente.

O estresse hídrico desencadeia inúmeros processos metabólicos nas plantas e uma das estratégias é realocar os fotoassimilados para as raízes, pois à medida que o estresse evolui as plantas produzem substâncias que irão promover a senescência foliar a fim de reduzir a perda de água por transpiração e assim, para que as reservas das plantas não sejam perdidas são translocadas para outras estruturas, como pode ser visualizado na Tabela 16, onde os teores apresentam aumento nas raízes à medida que o estresse é intensificado.

Além disso, o ácido salicílico ajudou no aumento nas concentrações de sacarose e após 0, 4 e 8 dias as maiores médias foram obtidas na dose de 200 mg L^{-1}, os valores foram de 539,30; 330,51 e 457,84 ug de sacarose 50mg^{-1} de MS (Tabela 16).

Em pesquisas desenvolvidas anteriormente foi observado que o AS pode ter inibido a absorção de sacarose nas concentrações de 10 a 200 μM (BOURBOULOUX; RAYMOND; DELROT, 1998). No entanto, em trabalhos desenvolvidos por Luo et al. (2014) em *Plukenetia volubilis* L. com 0,5 e 1,0 mM do ácido houve aumento nos açúcares solúveis.

Interessante destacar que após 12 dias de suspensão hídrica os resultados obtidos foram inversos e os teores de sacarose reduziram, as médias obtidas foram de 398,86; 176,96; 140,26 e 151,68 ug de sacarose 50mg^{-1} de MS, porém não houve diferença significativa estatística (P>0,05) entre as doses do indutor (Tabela 16).

Isso pode ser justificado porque com a intensificação do déficit hídrico, as mudas precisaram utilizar as reservas energéticas para realizar as atividades principais, como a respiração, fotossíntese e transpiração e assim as moléculas anteriormente armazenadas precisaram ser convertidas, utilizadas e realocadas.

Ao se avaliar as doses do ácido em função dos dias de estresse se observa que para as plantas não tratadas com o AS, e para a dose de 100 mg L^{-1} não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 16).

Na dose de 200 mg L^{-1} houve redução nos açúcares livres, porém não houve diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos de 0, 4 e 8 dias de estresse. A redução das plantas irrigadas para aquelas submetidas ao máximo tempo de estresse foi de aproximadamente, 73,99%. Para as plantas tratadas com 300 mg L^{-1} a redução do tratamento controle para os 12 dias foi de 70,65% (Tabela 16).

Tabela 16- Teor de sacarose em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Sacarose (ug de sacarose 50mg^{-1} de MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	266,84 bAB	106,74 bC	224,71 bBC	398,86 aA
100	296,80 bA	174,15 bA	233,13 bA	176,96 bA
200	539,30 aA	330,51 aB	457,84 aAB	140,26 cC
300	516,83 aA	324,89 aB	275,27 bBC	151,68 bcC
dms *	3,61	dms**	3,76	
CV (%) *	10,32	CV (%)**	9,47	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

O AS atua na regulação de processos fisiológicos importantes, tais como a fotossíntese, metabolismo do nitrogênio, proteínas e aminoácidos, síntese de prolina e glicina-betaína, sistema de defesa sob condições de estresse e, desse modo, fornece proteção a curto ou longo prazo dependendo de quais mecanismos serão ativados e quais características de qualidade serão moduladas (KHAN et al., 2010, 2012; 2013, 2014; NAZAR et al., 2011; MIURA; TADA, 2014).

Para as mudas de *Schinus terebinthifolius* quando se avalia teor de nitrato em folhas não se observou interação entre as doses de ácido salicílico e os dias de estresse e a média geral obtida foram igual a 0,14 mmol de nitrato g^{-1} de MS.

Em mudas de *Cedrela fissilis* não houve interação entre os fatores estudados e a diferença significativa foi detectada apenas para as doses de ácido salicílico, quando se avalia os teores de nitrato. As concentrações reduziram à medida que as doses aumentaram e os tratamentos onde se aplicou 200 e 300 mg L^{-1} do ácido não diferiram entre si. As médias obtidas à medida que as doses do ácido aumentaram foram de 0,30; 0,24; 0,09 e 0,04 mmol de nitrato g^{-1} MS (Tabela 17).

Isso pode ser justificado porque em condição de estresse os mecanismos das plantas tendem a ser inibidos ou paralisados e a enzima redutase do nitrato que faz a conversão de nitrogênio na planta pode sofrer essas alterações e assim reduzir esses teores, além do mais, em situações extremas de luminosidade ou temperatura pode ocorrer o transporte de substâncias das folhas para as raízes e assim diminuir as concentrações na parte aérea (SHARNER; BOYER, 1976).

A redução desses teores pode ser explicada porque a conversão de nitrogênio nas células, na maioria das vezes está condicionada ao funcionamento da redutase do nitrato que faz a conversão desse composto em moléculas ou íons mais facilmente assimiláveis pelas plantas, assim, na condição imposta e a fim de equilibrar o sistema essas moléculas foram quebradas e realocadas.

Tabela 17- Teor de nitrato em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L^{-1})	Nitrato (mmol de nitrato g^{-1} MS)
0	0,30 a
100	0,24 a
200	0,09 b
300	0,04 b
dms	0,13
CV (%)	15,15

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O teor de nitrato em raízes de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* não externaram diferença significativa em função das doses e dias de estresse e a média obtida foi de 0,17 e 0,14 mmol de nitrato g^{-1} MS, respectivamente.

As concentrações de amônio livre em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* não resultaram em diferenças significativas entre os tratamentos. As médias para os dias de estresse foram de 5,12; 5,62; 5,76 e 5,41 mmol de NH_4^+ kg^{-1} de MS após 0, 4, 8 e 12 dias. Os valores obtidos para o aumento das doses de ácido salicílico foram de 5,85; 5,66; 6,22 e 5,01 mmol de NH_4^+ kg^{-1} de MS.

Em plantas irrigadas diariamente o teor de amônio reduziu nas raízes de *Schinus terebinthifolius* à medida que as doses do ácido salicílico aumentaram e as médias obtidas foram de 25,99; 33,64; 15,32 e 17,65 mmol de NH_4^+k g^{-1} de MS (Tabela 18), o tratamento 1 e 2 não diferiram entre si, apenas para os tratamentos 3 e 4.

O metabolismo do nitrogênio é influenciado por inúmeros processos, o amônio, em especial pode ser afetado de forma negativa pela falta de água e acúmulo de ácidos do solo, se acumulando nas células e podendo causar toxidez (FERREIRA et al., 2002; SHARMA; DUBEY, 2005).

Aos 4 dias os resultados aumentaram até a dose de 200 mg L^{-1} e a média foi de 46,83 mmol de NH_4^+ kg^{-1} de MS. Para a *Schinus terebinthifolius* e nessa condição específica essa foi à dose capaz de aumentar as concentrações de solutos a fim de promover o equilíbrio osmótico das células, melhorando a tolerância ao estresse hídrico. Em contrapartida aos 8 dias a dose que resultou na maior média foi a de 100 mg L^{-1} e o valor foi de 52,47 mmol de NH_4^+k g^{-1} de MS (Tabela 18).

Esse aumento pode ser benéfico até certo ponto, pois como o amônio é tóxico, seu aumento pode acarretar em disfunções no metabolismo das mudas. Assim, as doses de 100 e 200 mg L^{-1} atuam sinalizando as condições de estresse por meio do acúmulo desse íon.

O ácido salicílico atua de forma dependente do metabolismo e a alta concentração pode intensificar as condições de estresse e morte celular, baixas concentrações, no entanto, podem aumentar a capacidade antioxidante nas plantas (HARA et al., 2012).

Na dose de 300 mg L^{-1} a maior média foi observada aos 12 dias e este diferiu de todos os tratamentos, isso pode ter ocorrido porque o AS redirecionou o amônio para as raízes e assim, promoveu maior crescimento para facilitar a aquisição de água nas camadas mais profundas do solo (Tabela 18).

O maior teor de amônio foi observado após 12 dias de estresse e na dose de 300 mg L^{-1} isso reforça a teoria que demonstra que elevadas doses de ácido salicílico podem piorar os efeitos resultantes do estresse, pois altas concentrações irão inibir inúmeras atividades metabólicas essenciais para o desenvolvimento das plantas, desiquilibrando as rotas de produção de fotoassimilados e reduzindo o crescimento vegetal (ALMEIDA; VIEIRA, 2010).

A menor concentração foi obtida em plantas irrigadas normalmente na dose de 200 mg L^{-1}. Essa dose pode ter atuado na redução desses teores, melhorando as condições da célula e evitando possíveis efeitos tóxicos do amônio. Nesse caso, a sinalização ocorreu, fazendo a regulação dos teores de água e assim reduzindo o amônio presente nas células (Tabela 18).

Tabela 18- Teor de amônio livre em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Amônio livre (mmol de NH_4^+k g^{-1} de MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	25,99 aC	34,30 bB	21,18 bC	46,06 bA
100	33,64 aB	43,99 aA	52,47 aA	47,43 cB
200	15,32 bB	46,83 aA	15,61 cB	49,20 abA
300	17,65 bC	31,18 cB	21,19 bC	54,51 aA
dms *	8,15	dms**	8,66	
CV (%) *	9,98	CV (%)**	8,14	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Em compensação não se observou diferença significativa (P>0,05) para as concentrações de amônio livre em plantas irrigadas normalmente e aos 12 dias de suspensão

hídrica em folhas de *Cedrela fissilis* e os valores obtidos foram de 17,19 e 27,62 mmol de NH_4^+k g^{-1} de MS (Tabela 19).

O nitrogênio é um dos principais compostos presentes nos vegetais, que participa de inúmeros processos metabólicos, regulando e mediando o crescimento e desenvolvimento dos mesmos (TAIZ; ZEIGER, 2017), por isso é necessário observar a variação existente e determinar qual o limite na concentração desse composto que pode prejudicar ou não o desenvolvimento das mudas.

Para as plantas submetidas a 4 dias de estresse houve redução nos teores de amônio livre na dose máxima do AS, isso pode ocorrer porque altas concentrações podem prejudicar as atividades biológicas das plantas, podendo acelerar o processo de morte das células ou aumentando a suscetibilidade das mesmas aos estresses e por isso a dose de 300 mg L^{-1} reduziu esses teores para evitar a intoxicação de células pelo excesso de amônio (HARA et al., 2012; MIURA; TADA, 2014; WITTEK et al., 2015).

As médias obtidas para as mudas submetidas aos 4 dias de estresse foram de 52,76; 57,67; 66,58 e 25,67 mmol de NH_4^+ kg^{-1} de MS com o aumento das doses do AS, os tratamentos 1, 2 e 3, no entanto, não diferiram e a redução em porcentagem foi de 51,35% da dose de 0 a 300 mg L^{-1} (Tabela 19).

Com 8 dias de suspensão hídrica os resultados foram contrários, crescendo à medida que as doses de ácido salicílico aumentaram, esses resultados elevados podem ser negativos, porque altas concentrações desse composto são prejudiciais para a planta, pois diferente do nitrato, o amônio não pode ser armazenado no vacúolo, podendo prejudicar a síntese de ATP direcionada pela luz (SOUZA; CARVALHO, 2000).

Esses teores também podem ser influenciados pelo tempo de exposição ao estresse e por isso os resultados foram divergentes dos obtidos anteriormente, resultando nas seguintes médias 28,63; 39,33; 39,67 e 58,10 mmol de NH_4^+ kg^{-1} de MS e o percentual equivalente ao aumento foi de 102,93% (Tabela 19).

Tabela 19- Teor de amônio livre em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Amônio livre (mmol de NH_4^+ kg^{-1} de MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	17,99 aB	52,76 aA	28,63 bB	25,10 aB
100	14,75 aC	57,67 aA	39,33 bB	33,26 aB
200	16,36 aC	66,58 aA	39,67 bB	29,64 aBC
300	19,66 aB	25,67 bB	58,10 aA	22,47 aB
dms *	1,18	dms**	1,10	
CV (%) *	8,63	CV (%)**	11,25	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Para o amônio livre em raízes de *Cedrela fissilis* não houve interação entre os fatores e apenas se observou diferença significativa para as doses de ácido salicílico.

O maior valor foi observado na dose de 300 mg L^{-1}, isso pode ter ocorrido porque altas concentrações do indutor podem ter sinalizado proteínas específicas dos vegetais para transportar o amônio das folhas para as raízes, como esse íon é muito móvel na planta, em condição de estresse, os vegetais irão realocar suas reservas nutricionais e energéticas a fim de conservar as mesmas e promover o ajuste osmótico (Tabela 20).

As médias foram de 22,61; 21,13; 23,65 e 37,98 para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}, porém apenas para o tratamento com a dose máxima do regulador vegetal houve diferença significativa e o aumento foi de 67,98% (Tabela 20).

O amônio pode ser influenciado pelo teor de prolina, pois a alta concentração deste último gera desintoxicação do excesso de amônio e assim a estabilização das proteínas e aminoácidos presentes nos vegetais (KAVI KISHOR et al., 2005).

Para as mudas de *Cedrela fissilis* houve aumento dos teores de prolina nas raízes à medida que aumentaram as concentrações de amônio em função das doses do AS em plantas irrigadas diariamente. Como citado anteriormente esses teores tendem a aumentar a fim de equilibrar e desintoxicar as células, evitando a toxidez ocasionada pelo acúmulo de amônio.

Tabela 20- Teor de amônio livre em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L^{-1})	Amônio livre (mmol de NH_4+ kg^{-1} de MS)
0	22,61 b
100	21,13 b
200	23,65 b
300	37,98 a
dms	0,75
CV (%)	13,12

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em plantas de *Schinus terebinthifolius* irrigadas diariamente a maior média para os teores de proteínas foi observada na dose de 200 mg L^{-1} e este, por sua vez, diferiu dos demais. As médias obtidas com o aumento das doses do ácido salicílico foram de 12,41; 8,08; 15,05 e 12,26 mg proteínas g^{-1} MS.

Em contrapartida, aos 4, 8 e 12 dias não houve diferença significativa entre as variáveis e as médias foram de 14,40; 15,25 e 8,20 mg proteínas g^{-1} MS (Tabela 21).

Em plantas não tratadas com AS houve aumento nos teores de proteínas até 8 dias, após esse período esses teores reduziram nas folhas. As médias obtidas foram iguais a 12,41; 12,62; 14,95 e 8,67 20 mg proteínas g^{-1} MS e não houve diferença significativa entre os três primeiros tratamentos (Tabela 21).

Interessante destacar que as respostas aos estresses ambientais são diversas podendo influenciar na síntese ou degradação de metabólitos primários e secundários. A proteína, por exemplo, pode ser inibida e a degradação acelerada, o que leva a um acúmulo de aminoácidos e aminas livres, provocando um distúrbio no metabolismo das proteínas, uma mudança nas proporções de aminoácidos e, frequentemente, um aumento elevado na concentração de prolina livre (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Resultados diferentes foram obtidos por Moura et al. (2016), pois em folhas de *Jatropha curcas* submetidas ao déficit hídrico não houve diferença estatística significativa para os teores de proteínas após 30, 60 e 90 dias de avaliação.

Nas doses de 200 e 300 mg L^{-1} as maiores médias foram obtidas aos 8 e 4 dias, respectivamente, porém para a dose máxima não houve diferença estatística significativa para ambos os dias de estresse (Tabela 21).

Tabela 21- Teor de proteínas em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L^{-1})	Proteínas (mg proteínas g^{-1} MS)			
	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	12,41 bA	12,62 bA	14,95 bA	8,67aB
100	8,08 cB	15,21 aA	13,64 bA	8,99 aB
200	15,05 aB	14,46 abB	17,30 aA	8,28 aC
300	12,26 bB	15,29 aA	15,10 abA	6,87 aC
dms *	2,25	dms**	2,24	
CV (%) *	8,00	CV (%)**	8,69	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Em folhas de *Cedrela fissilis* os resultados foram menores do que os obtidos em *Schinus terebinthifolius* e as médias encontradas foram iguais a 5,04 e 12,45 mg proteínas g^{-1} MS, respectivamente. Na dose de 0 mg L^{-1} não houve diferença significativa (P>0,05) entre os dias de estresse e o valor foi de 3,00 mg proteínas g^{-1} MS (Tabela 22).

Na mesma tabela, nas doses de 100 e 300 mg L^{-1} os maiores valores foram observados em plantas submetidas a 4 dias de estresse e as médias foram de 8,19e 10,78 mg proteínas g^{-1} MS. Demonstrando que dependendo da espécie, período de imposição dos tratamentos e condições edafoclimáticas os resultados serão distintos.

Na dose de 200 mg L^{-1} o ácido amenizou os efeitos do estresse, aumentando os teores de proteínas aos 12 dias de estresse e a média foi igual a 8,47 mg proteínas g^{-1} MS, porém não diferiu da suspensão hídrica de 4 dias.

Em plantas irrigadas não houve diferença significativa entre os tratamentos com média de 3,05 mg proteínas g^{-1} MS.

Aos 4 dias, no entanto, o maior resultado foi obtido na dose máxima do indutor, podendo indicar, que nessa situação específica o regulador pode ter facilitado o acúmulo de proteínas nas folhas, permitindo que com a intensificação do estresse essa substância seja usada para amenizar o choque da deficiência hídrica, equilibrando o continuo solo-planta por meio da proteção osmótica.

As médias para esse período de suspensão hídrica foram de 3,99 para 10,78 do tratamento controle para a dose máxima do indutor, equivalendo a um aumento de 170,18% (Tabela 22).

O mesmo foi observado aos 8 dias de estresse, porém com valores menores e a porcentagem de aumento foi de 38,95%, porém os tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 22- Teor de proteínas em folhas de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Proteínas (mg proteínas g^{-1} MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	1,95 bA	3,99 cA	3,62 aA	2,45 bA
100	2,63 abBC	8,19 bA	5,04 aB	1,85 bC
200	2,89 abB	7,79 bA	5,06 aB	8,47 aA
300	4,71 aB	10,78 aA	5,03 aB	6,18 aB
dms *	2,42	dms**	2,68	
CV (%) *	23,63	CV (%)**	13,94	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

Não houve interação entre as doses de ácido salicílico e os dias de estresse para as proteínas presentes em raízes de plantas jovens de aroeira e cedro, além disso, os fatores isoladamente não apresentaram diferença estatística significativa (P>0,05). As médias gerais obtidas para as espécies foram de 3,57 e 3,91 mg proteínas g^{-1} de MS.

Em folhas e raízes de *Schinus terebinthifolius* não houve interação e nem diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos para as concentrações de aminoácidos e as médias obtidas para as respectivas partes das plantas foi igual a 9,13 e 8,23 umol de aminoácidos g^{-1} de MS.

O mesmo foi observado em folhas de *Cedrela fissilis*, onde os fatores avaliados não interagiram e a média observada foi de 10,66 umol de aminoácidos g^{-1} de MS.

Apenas para as raízes observou-se diferença significativa (P>0,05) para a suspensão hídrica e as médias foram maiores com a intensificação do estresse, após 8 dias se observou o maior valor, igual a 10,33 umol de aminoácidos g^{-1} de MS e este diferiu dos demais (Tabela 23).

O aumento nas concentrações de aminoácidos pode ser explicado porque algumas condições podem facilitar a oxidação desses compostos, porém, não se sabe ao certo em que situações ou quais fatores ocasionam esse acúmulo (TROVATO; MATTIOLI; COSTANTINO, 2017; ASHRAF et al., 2011).

Neste sentido o acúmulo dos aminoácidos e açúcares livres em folhas e raízes é resultado da síntese de carboidratos e proteínas como consequência das disfunções

provocadas pelo estresse hídrico. Assim, os aminoácidos tendem a aumentar em função da degradação de proteínas e os carboidratos têm seus teores incrementados pela hidrolise de amido (SUBBARÃO, 2000; HOEKSTRA; GOLOVINA; BUITINK, 2001; NOGUEIRA et al., 2001; SARKER; HARA; UEMURA, 2005).

Tabela 23- Teor de aminoácidos em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Ácido salicílico (mg L^{-1})	Aminoácidos (umol de aminoácidos g^{-1} de matéria seca-MS)
0	6,17 c
100	8,66 b
200	10,33 a
300	8,65 b
dms	1,64
CV (%)	17,26

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A prolina tem a função de osmorregulação, estabelecimento de membranas e na preservação da estrutura das proteínas, além de eliminar radicais livres e ajustar o potencial redox nas células. Esse aminoácido atua como reserva de carbono e nitrogênio na desintoxicação do excesso de amônia e a estabilização de membranas (KAVI KISHOR et al., 2005; ASHRAF; FOOLAD, 2007).

O acúmulo de prolina pode ser um parâmetro que define resistência nas plantas, pois é considerado um osmoprotetor e garante maior sensibilidade aos vegetais e por isso é um dos aminoácidos mais estudados (TROVATO; MATTIOLI; COSTANTINO, 2017; VERBRUGGEN; HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011; IQBAL et al., 2014).

Além disso, esse composto tem seu conteúdo aumentado em razão de estresses abióticos e estudos têm destacado que esse teor pode aumentar em até 100% em condições de estresse hídrico (CVIKROVÁ et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014).

O teor de prolina em *Schinus terebinthifolius* em folhas não foi influenciado pelos tratamentos e a média obtida foi de 3,31 umol de Pro g^{-1} de MS.

Cabe ressaltar que dependendo da espécie, pode haver maior acúmulo de prolina no tecido foliar em função da redução do potencial hídrico da planta, isso pode ser visualizado primeiramente nesse órgão porque é o local onde há maior perda de água por evapotranspiração, resultando em dissecação e aumento dos teores desse regulador osmótico (CASTRO et al., 2007; ALVARENGA et al., 2011).

Em contraste ao obtido na pesquisa, em plantas de gengibre a aplicação de ácido salicílico resultou no aumento da atividade antioxidante, além do teor de prolina, o que resultou em regulação a nível molecular e bioquímico (GHASEMZADEH; JAAFAR, 2013).

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* irrigadas diariamente os teores de prolina foram crescentes em função da aplicação de ácido salicílico, isso pode ser consequência da função sinalizadora que o AS desempenha, podendo atuar no incremento das concentrações a fim de tornar a planta mais apta às condições estressantes do meio. Além disso, o regulador vegetal pode ter imposto uma condição não favorável, refletindo em aumentos, principalmente na dose de 100 mg L^{-1} onde se obteve o maior valor (Tabela 24).

Menores teores foram obtidos em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius*, porém após 4 e 8 dias a dose máxima do ácido refletiu nos maiores valores.

O maior acúmulo de prolina em plantas tratadas foi observado aos 4 e 8 dias de estresse na dose máxima do AS e apesar das folhas não externarem diferença significativa, nesses mesmos tratamentos foram observadas reduções nos teores desses compostos, reforçando que em condições adversas os produtos da fotossíntese tendem a ser translocados via floema para os órgãos de reservas das plantas, seguindo o caminho fonte-dreno preferencial (Tabela 24).

Após 12 dias o resultado foi inverso e a média reduziu à medida que as doses aumentaram como consequência da quebra de prolina em aminoácidos mais simples para ser utilizada na realização das atividades metabólicas normais, regulando o desenvolvimento das células (Tabela 24). O menor valor obtido foi na dose de 200 mg L^{-1}, resultando em uma redução de 81,36% do tratamento controle para este.

Tabela 24- Teor de prolina em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Prolina (umol de Pro g^{-1} MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	0,21 aC	0,44 cC	1,56 bB	4,56 aA
100	0,54 aB	1,96 bA	2,76 aA	2,07 bA
200	0,48 aB	0,81 cAB	1,53 bA	0,85 cAB
300	0,32 aC	3,13 aA	3,64 aA	1,91 bB
dms *	0,90	dms**	0,96	
CV (%) *	25,36	CV (%)**	20,74	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

A prolina, dentre as várias funções nos vegetais, atua como regulador osmótico em resposta aos estresses ambientais, amenizando os efeitos deletérios da seca (CARLIN; SANTOS, 2009; FAYEZ; BAZAID, 2014).

Ao se avaliar os teores de prolina em folhas de *Cedrela fissilis* não se observou diferença significativa entre os tratamentos e a média geral obtida foi de 1,42 umol de Pro g^{-1} MS.

Em trabalhos desenvolvidos por Khan et al. (2013) a dose de 0,5 mM do ácido salicílico amenizou o estresse térmico em plantas de *Triticum aestivum* L. por meio do aumento nas concentrações de prolina.

Em raízes, no entanto, para as mudas de *Cedrela fissilis* irrigadas normalmente, houve acréscimo nos teores de prolina com o aumento nas concentrações do ácido e a dose que apresentou maior média foi a de 300 mg L^{-1} (0,55 umol de Pro g^{-1} MS), porém esse tratamento não deferiu das doses de 100 (0,34 umol de Pro g^{-1} MS) e 200 mg L^{-1} (0,40 umol de Pro g^{-1} MS) (Tabela 25).

Após 60 dias de avaliação do déficit hídrico se obteve que os teores de prolina aumentaram nas folhas de *Jatropha curcas*, apresentando uma média entre 0,31 a 0,38 μmol g^{-1} MF, aos 90 dias as médias aumentaram para 0,58 μmol g^{-1} MF e aos 120 dias a média ficou, em torno de 0,76 μmol g^{-1} MF, porém não se detectou diferença significativa entre os tratamentos (MOURA et al., 2016).

Em plantas de *Tanacetum parthenium* L. as médias observadas variaram entre 9 a 14 μg g^{-1} MF nos tratamentos com 100%, 90% e 70% da capacidade máxima de retenção de água pelo solo (CP), enquanto que as plantas mantidas no substrato com 50% da CP apresentaram valores de 27 a 32 μg g^{-1} MF (CARVALHO, 2005).

Isso ocorre porque a planta usa mecanismos de defesa para tolerar condições estressantes, redistribuindo os fotoassimilados para as diversas partes das plantas, ajudando a manter atividades essenciais dos vegetais, o AS atua na proteção contra estresses abióticos, aumentando seus teores para regular o fluxo de água nas células, além de ativar enzimas e proteínas que farão a amplificação dos sinais, respondendo a condição imposta da deficiência hídrica.

A fim de promover a regulação osmótica na condição de estresse imposta nas mudas houve aumento nas concentrações de prolina, demonstrando que o ácido sinalizou a planta para ativar mecanismos de defesa contra o estresse hídrico, aumentando os solutos e equilibrando o continuo entre o meio intra e extracelular.

Aos 4 e 8 dias de suspensão hídrica os maiores teores de prolina foram observados na dose de 200 mg L^{-1} e as médias foram de 3,61 e 4,87 umol de Pro g^{-1} MS, este, por sua vez, não diferiu da dose de 300 mg L^{-1} (Tabela 25).

Resultados semelhantes foram observados em plantas de *Cajanus cajan* L. das cultivares BRS Mandarim e Caqui, onde os teores de prolina, nas folhas e raízes, aumentaram à medida que se reduziu os teores de água e aumentou a salinidade, na dose de 20 mmol L^{-1} de NaCl (MONTEIRO et al., 2014).

Tabela 25- Teor de prolina em raízes de mudas de *Cedrela fissilis* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Prolina (umol de Pro g^{-1} MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	0,14 bB	1,08 bA	0,86 bA	1,30 aA
100	0,34 aB	1,29 bAB	1,91 bA	0,67 aB
200	0,40 aC	3,61 aB	4,87 aA	0,43 aC
300	0,55 aC	1,24 bB	4,49 aA	0,44 aC
dms *	0,37	dms**	0,34	
CV (%) *	13,93	CV (%)**	18,47	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

A glicina betaína é um aminoácido que atua como protetora das membranas dos tilacóides, mantendo a eficiência dos fotossistemas e consequentemente a produção de energia (ASHRAF; FOOLAD, 2007).

Em condições adversas pode haver aumento dessa substância a fim de equilibrar o potencial hídrico e osmótico nas células e a estratégia é fazer com que haja um aumento no número de solutos nas raízes diminuindo assim o potencial hídrico e facilitando o transporte de água a favor de um gradiente positivo, do solo para as raízes e para as demais partes das plantas, ou seja, de onde há maior quantidade de água para o local com menor concentração.

Em mudas de *Schinus terebinthifolius* submetidas a 4 dias de estresse hídrico a dose de 300 mg L^{-1} apresentou média de 11,42 mg g^{-1} MS de glicina betaína em folhas, porém não diferiu da dose de 0 mg L^{-1} (Tabela 26).

As doses de 100 e 200 mg L^{-1}, no entanto reduziram esses teores, isto pode ser explicado porque dependendo da espécie e das rotas ativadas nas plantas, as doses do regulador de crescimento podem ser requeridas em maiores ou menores concentrações.

Aos 8 dias houve aumento nos teores de glicina betaína e a dose de 200 mg L^{-1} apresentou a maior média, igual a 16,62 mg de glicina betaína g^{-1} MS. O acréscimo obtido em porcentagem foi de 76,81% (Tabela 26).

Em trabalhos desenvolvidos por Carlin e Santos (2009) se observou um aumento de 26,4% nas concentrações de glicina betaína em plantas sob restrição hídrica.

Para as plantas submetidas a 12 dias de estresse hídrico durante o período do experimento não houve diferença significativa (P>0,05) e a média foi de 11,68 mg de glicina betaína g^{-1} MS.

Na dose de 200 e 300 mg L^{-1} houve incremento nos teores de glicina betaína até 8 dias de estresse e as médias foram de 16,62 e 13,22 mg de glicina betaína g^{-1} MS. As maiores doses podem ter ajudado a amenizar o efeito do estresse por meio da amplificação dos sinais, aumentado às concentrações desse soluto.

Porém, a partir de 12 dias os teores começaram a decrescer levando a entender que a longo prazo o ácido salicílico pode perder seu potencial de atenuação ou até mesmo intensificar as respostas das plantas ao estresse e por isso, doses maiores poderiam ser utilizadas para inferir se os resultados seriam semelhantes aos observados.

Além disso, o ajuste osmótico é uma estratégia eficiente por curtos períodos, assim, com a intensificação dos dias de estresse, as concentrações dos solutos não irão mais influenciar positivamente na regulação hídrica.

Tabela 26- Teor de glicina betaína em folhas de mudas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Glicina betaína (mg de glicina betaína g^{-1} MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	10,79 bB	12,46 aA	9,40 dB	12,96 abA
100	12,52 aA	4,85 cC	11,60 cAB	9,98 bB
200	6,92 cC	7,96 bC	16,62 aA	13,27 aB
300	11,42 abB	11,42 aB	13,33 bA	10,50 bB
dms *	1,57	dms**	1,63	
CV (%) *	6,60	CV (%)**	6,05	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

O AS pode induzir o acúmulo de glicina betaína na dose de 0,5 a 2,5 mM em plantas submetidas ao estresse hídrico, salino e frio. Esse aumento pode melhorar o desenvolvimento geral da planta, como o crescimento primário, secundário, biomassa das mudas, além de

ajustes no metabolismo fotossintético (ASHRAF; FOOLAD, 2007; WANG et al., 2010; MISRA; MISRA, 2012; BHARWANA et al., 2014; KHAN; KHAN; ASGHER, 2014).

Em *Cedrela fissilis* os teores de glicina betaína em folhas não externaram diferença significativa para as plantas irrigadas normalmente e aos 4 dias de estresse em função das doses do AS. O mesmo foi observado em plantas tratadas com 200 mg L^{-1} do regulador com a intensificação do déficit hídrico (Tabela 27).

Com o aumento dos dias de estresse na dose de 300 mg L^{-1} os teores de glicina betaína em folhas de *Cedrela fissilis* foram incrementados e o aumento foi igual a 181,50% do tratamento 1 (plantas irrigadas diariamente) para o 4 (12 dias de suspensão hídrica), porém não houve diferença estatística quando comparado com as plantas submetidas a 8 dias de estresse. Neste caso se infere que o ácido pode ter ajudado na atenuação do estresse, elevando as concentrações desses solutos a fim de realizar a osmorregulação das células (Tabela 27).

Como esse tratamento não diferiu da dose de 100 mg L^{-1} está última pode ser recomendada a fim de minimizar perdas pela aplicação excessiva do indutor ou mesmo para evitar toxidez já que os hormônios são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas.

Em plantas de *Cedrela fissilis* tratadas com o ácido e em plantas controle (0 dias) as concentrações de glicina aumentaram na proporção que os dias de estresse evoluíram e as porcentagens de crescimento foram de 246,06; 98,18; 13,83; 181,50% para as doses de 0, 100, 200 e 300 mg L^{-1}, respectivamente (Tabela 27).

As maiores porcentagens foram observadas em plantas controle e na dose de 300 mg L^{-1}. Algumas teorias podem explicar esses resultados, primeiramente, onde não houve aplicação do ácido as concentrações de glicina aumentaram porque as plantas sentiram mais intensamente os efeitos da falta de água e assim para tentar buscar estratégias para amenizar essa condição aumentaram os teores desse osmoprotetor.

O mesmo foi observado na dose máxima do regulador (300 mg L^{-1}), porque a dose elevada pode ter gerado uma condição de estresse nas plantas e assim alterado do ciclo fotossintético para o fotorrespiratório. Nesse caso ao invés da Rubisco captar o gás carbônico, ela vai apresentar maior afinidade pelo oxigênio e por isso haverá alternância das rotas, nesse caso, irá formar moléculas de glicina e serina, justificando o aumento exagerado.

Assim, com a aplicação da dose máxima do ácido salicílico as plantas foram estimuladas a produzirem maiores concentrações de glicina para manter o potencial hídrico e assim continuar com as atividades metabólicas normais.

A dose de 200 mg L^{-1} resultou em menores incrementos no teor de glicina, isso pode ser positivo por estar relacionado ao efeito atenuante do estresse ou negativo, se neste caso a

dose não foi suficiente em amplificar a condição de estresse, não sinalizando os agentes que atuam na proteção dos vegetais (Tabela 27).

Tabela 27- Teor de glicina betaína em folhas de mudas de *Cedrela* expostas ao estresse hídrico e tratadas com ácido salicílico

Glicina betaína (mg de glicina betaína / g MS)				
Ácido salicílico (mg L^{-1})	Estresse hídrico (dias)			
	0	4	8	12
0	10,27 bC	11,65 bBC	18,08 bB	35,54 aA
100	16,46 abB	15,23 abB	26,85 aA	32,62 aA
200	21,19 aA	19,12 aA	17,31 bA	24,12 bA
300	11,19 bB	13,85 abB	28,00 aA	31,50 aA
dms *	6,60	dms**	6,90	
CV (%) *	14,73	CV (%)**	13,17	

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade/*coluna ** linha
Letras minúsculas comparam as colunas e maiúsculas as linhas

A glicina-betaína não foi afetada pelas doses de ácido salicílico e os dias de estresse em raízes de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* e quando se avaliou separadamente não se detectou diferença significativa para os tratamentos. As médias obtidas foram de 19,97 e 24,57 mg de glicina betaína g^{-1} de MS.

4.6 CONCLUSÃO

Os metabolismos de nitrogênio e carbono foram alterados em função dos dias de estresse e aplicação de ácido salicílico, além disso, observa-se que o CRA foi o maior influenciador da variação existente nos solutos compatíveis, baseado no fato de que, em função do desiquilíbrio hídrico a planta ajusta osmoticamente o conteúdo celular.

Quanto ao uso de ácido salicílico em *Schinus terebinthifolius* até a dose de 200 mg L^{-1} houve aumento no conteúdo relativo de água, dessa maneira, pode-se inferir que a aplicação do regulador, neste caso, ajudou na atenuação do estresse, sinalizando os compostos presentes nas mudas para regular e balancear o conteúdo de água absorvido e perdido, a média obtida foi de 83,49%.

Ao se avaliar os teores de clorofilas para a mesma espécie, no entanto, observa-se decréscimo do tratamento controle para a dose máxima do indutor, isso pode estra relacionado ao fato de que, em condições do estresse há redução da área foliar como estratégia para reduzir a perda de água por transpiração, alterando o conteúdo de solutos e alterando atividades de organelas especificas.

As doses de ácido salicílico utilizadas não foram suficientes para promover alterações nos teores de carboidratos, aminoácidos e nitrato em folhas e raízes em mudas de *Schinus terebinthifolius*, além disso, as concentrações de proteínas e glicina betaína nas raízes e a prolina e o amônio livre em folhas não externaram diferença entre as variáveis.

Em mudas de *Cedrela fissilis* o maior valor obtido para o CRA foi em plantas irrigadas normalmente e sem aplicação do ácido (76,16%) e a menor média foi observada aos 12 dias de suspensão hídrica na dose de 300 mg L^{-1} (34,12%), demonstrando que para essa espécie, doses mais altas intensificaram o efeito do estresse, reduzindo drasticamente o conteúdo de água e por isso não são recomendados.

No cedro os parâmetros que não foram alterados em função dos tratamentos consistiram em concentrações de carboidratos, nas folhas e raízes, nos teores de proteínas, glicina betaína, nitrato e amido presente nas raízes. No mais, as quantidades de sacarose, aminoácidos, prolina e pigmentos fotossintetizantes não externaram diferença significativa em função das doses do ácido e estresse hídrico.

Para as mudas de *Cedrela fissilis*, aos 12 dias de suspensão hídrica houve aumento nas concentrações de amido e a maior média foi obtida na dose de 200 mg L^{-1}, nesse caso, como consequência da característica do ácido salicílico em atenuar o efeito do estresse hídrico houve aumento desses teores com o objetivo de regular o conteúdo de água nas plantas, entretanto, aos 12 dias, várias atividades metabólicas do cedro começaram a cessar, por ser uma espécie sensível e muito responsiva a irrigação, a regulação osmótica não aconteceu de forma eficiente com o passar dos dias sem água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. Q.; VIEIRA, E. L. Gibberellin action on growth, development and production of tobacco. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 9, n. 1, p. 45-57, 2010. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/viewFile/4271/3295>. Acesso em 23 jan. 2018.

ALVARENGA, I.C.A.; QUEIROZ, G.A.; HONÓRIO, I.C.G.; VALADARES, R.V.; MARTINEZ, E. R. Prolina livre em alecrim-pimenta sob estresse hídrico antes da colheita, **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, SP, v. 13, p. 539-541, ago./dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v13nspe/a06v13nspe.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

ARNON, D.I. Copper enzimas in isolated cloroplasts Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. **Plant Physiology,** Maryland, v.24, n.1, p. 1-15, Jan. 1949. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC437905/>. Acesso em: 14 ago. 2017.

ASGHER, M.; KHAN, M. I. R.; ANJUM, N. A.; KHAN, N. A. Minimizing toxicity of cadmium in plants–role of plant growth regulators. **Protoplasma,** Alemanha, v. 252, v. 2, p. 399–413, mar./out. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25303855>. Acesso em: 11 nov. 2017.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 2, p. 206–216, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847206000268>. Acesso em: 23 ago. 2017.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ARTECA, R. N.; FOOLAD, M. R. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 29, n. 3, p. 162-190, out./ ago. 2011. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352689.2010.483580>. Acesso em: 23 out. 2017.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 39, p. 205-207, nov. 1973. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00018060?LI=true>. Acesso em: 30 jul. 2017.

BHARWANA, S. A., ALI S., FAROOQ, M. A., ALI B., IQBAL N., ABBAS F.; AHMAD, M. S. Hydrogen sulfide ameliorates lead-induced morphological, photosynthetic, oxidative damages and biochemical changes in cotton. *Environ Sci Pollut Res, v.* 21, p. 717–731. jun./jul. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/249320911_Hydrogen_sulfide_ameliorates_lead-induced_morphological_photosynthetic_oxidative_damages_and_biochemical_changes_in_cotton>. Acesso em 24 nov. 2017.

BOURBOULOUX, A.; RAYMOND, P.; DELROT, S. Effects of salicylic acid on sugar and amino acid uptake. **Journal of Experimental Botany,** Oxford, v. 49, n. 319, p. 239–247. 1998. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/49/319/239/576475>. Acesso em: 23 set. 2017.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry,** United States, v. 72, p. 248-254, set. 1976. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02374789>. Acesso em: 20 jul. 2017.

CAIRES, S. M.; FONTES, M. P. F.; FERNANDES, R. B. A.; NEVES, C. L.; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 1181-1188, nov./dez. 2011. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000700004>. Acesso em: 24 jun. 2017.

CARLIN, S. D.; SANTOS, D. M. M. DOS. Indicadores fisiológicos da interação entre déficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1106-1113, set. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n9/v44n9a06.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

CARVALHO, C. J. R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. amazonicum] E *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, p. 907-914, nov./dez. 2005**.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600009>. Acesso em: 23 nov. 2017.

CARVALHO, M. G.; MELO, A. G. N.; ARAGÃO, C. F. S.; RAFFIN, F. N.; MOURA, T. F. A. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: composição química, propriedades biológicas e toxicidade. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 158-169, dez./jul. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722013000100022>. Acesso em: 20 ago. 2017.

CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; MENDES, F. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L. M.; COSTA, R. C. L. Atividade da redutase do nitrato em folhas de teca (Tectona grandis L.) sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 936-938, 2007. Disponível em: <http://www.robertocezar.com.br/documentos/trabalhos/RevistaBrasileiradeBiociencias/92-Atividadedaredutase.pdf>. Acesso em 23 ago. 2017.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR. Londrina, 2001. 11 p.

CHAVES FILHO, J.T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (Solanum lycocarpum St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 199-204, jun./fev. 2001. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/viewFile/389/210>. Acesso em: 24 jul. 2017.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthes is under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, n.4, p.551-560, fev./jul. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707345/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

COLLI, S. Outros reguladores: brassinosteróides, poliaminas, ácidos jasmônico e salicílico. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, 2 ed., cap. 14, p. 296-302.

CUNHA, R. L. M.; FILHO, B. G. S.; COSTA, R. C. L.; VIÉGAS, I. J. M. Physiological assessment in young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Para state, Brazil. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v.56, n.3, p.255-260, jan./mar, 2013. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj136ml3O7YAhUKhZAKHVLUAOIQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.ufra.edu.br%2Findex.php%2Fajaes%2Farticle%2Fdownload%2F915%2F387%2F&usg=AOvVaw3FPO5g6W6LaGpBVD7eaePS>. Acesso em 01 nov. 2017.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in proline over producing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Roma, v.73, p.7-15, dez. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942813002994>. Acesso em: 23 nov. 2017.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analitical Chemistry,** United States, v. 28, n. 3, p. 350-356, jun./ago. 1956. Disponível em: < http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60111a017?journalCode=ancham>. Acesso em 30 jul. 2017.

EGERT, M.; TEVINI, M. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environmental and Experimental Botany, Holanda, v. 48, p. 43-49, jul. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847202000084>. Acesso em: 24 set. 2017.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 373 - 384, jul./Set. 2013. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/26809/21095>. Acesso em 23 jan. 2018.

FAYEZ, K. A.; BAIZAD, S. A. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, SA, v.13, n.1, p.45-55, jan. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X13000027>. Acesso em: 23 set. 2017.

FARIDUDDIN, Q.; VARSHNEY, P.; YUSUF, M.; AHMAD, A. Polyamines: potent modulators of plant responses to stress. **Journal of Plant Interactions**, Reino Unido. v.8, n. 1, p.1-16, jun./jul. 2013. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429145.2012.716455 >. Acesso em: 23 nov. 2017.

FAROOQ, M.; BASRA, S. M.; WAHID, A.; AHMAD, N. Changes in nutrient-homeostasis and reserves metabolism during rice seed priming: consequences for seedling emergence and growth. **Agricultural Sciences in China**, China, v. 9, n. 2, p. 191-198, fev. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292709600833>. Acesso em: 23 mar. 2018.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRAS, L. E. M.; PURCINO, A. A. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 13-17, mar./mai. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000100003&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 02 jun. 2017.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 97, p. 1-10, set. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847213001391>. Acesso em: 10 nov. 2017.

GAUPELS, F.; KURUTHUKULANGARAKOOLA, G. T. DURNER, J. Upstream and downstream signals of nitric oxide in pathogen defence. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 14, p. 707-714, dez. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21816662>. Acesso em 02 ago. 2017.

GEIGENBERGER, P.; REIMHOLZ, R.; GEIGER, M.; MERLO, L.; CANALE, V.; STITT, M. Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to shortterm water deficit. **Planta,** Berlin, v. 201, n. 4, p. 502-518, abr. 1997. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004250050095>. Acesso em: 24 set. 2017.

GHASEMZADEH, A.; JAAFAR, H. Z. E. Interactive effect os salicylic acid on some physiological features and antioxidant enzymes activity in ginger (Zingiber officinale Roscoe). **Molecules**, v.18, n.5, mai. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238359901_The_effect_of_salicylic_acid_on_barley_response_to_water_deficit>. Acesso em: 03 nov. 2017.

GILBERT, B; FAVORETO, R. *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Fitossanitária**, Rio de Janeiro. v. 6, n. 1, p. 43-56. dez. 2011. Disponível em:< https://www.google.com.br/search?q=Schinus+terebinthifolius+Raddi.++&oq=Schinus+terebinthifolius+Raddi.++&gs_l=psyab.3...558514.558514.0.558855.1.1.0.0.0.0.126.126.0j1.1.0...0...1.1.64.psy-ab..0.0.0.GLkZKvkveHY>. Acesso em: 23 jun. 2017.

GONÇALVES, K. S.; SOUSA, A. P.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; PAZ, V. P. S. Application of potassium phosphite to eucalyptus submitted to water stress. in: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2014, Fortaleza, CE, Brasil. **Anais…**Fortaleza Inovagri international meeting, 2014. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/271375247_Application_of_Potassium_Phosphite_to_Eucalyptus_Submitted_to_Water_Stress>. Acesso em 24 nov. 2017.

GRIEVE, C. M.; GRATTAN, S. R. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant and Soil, Netherlands, v. 70, p. 303-307, jun. 1983. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02374789>. Acesso em: 25 jul. 2017.

HAYAT, Q.; HAYAT, S.; IRFAN, M.; AHMAD, A. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v.68, n.1, p.14-25, mar. 2010. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847209001579>. Acesso em: 30 jun. 2017.

HARA, M.; FURUKAWA, J.; SATO, A.; MIZOGUCHI, T.; MIURA, K. Abiotic stress and role of salicylic acid in plants. In: PARVAIZA, A.; PRASAD M. N. V. **Abiotic Stress Responses in Plants**. New York: Springer, 2012. p. 235–251.

HENRIQUE, P. de. C.; ALVES, J. D.; GOULART, P. de. F. P.; DEUNER, S.; SILVEIRA, N. M.; ZANANDREA, I.; CASTRO, E. M. de. Características fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipóxia. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 40, n. 1, jan./fev. 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000100012>. Acesso em: 20 jan. 2018.

HODGE, J. E.; HOFREITER, B. T. Determinationvof reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J. E.; WOLFROM, M. L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press. 1962. p. 380-394.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, London, v. 6, n. 9, p. 431-438, set. 2001. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11544133>. Acesso em 02 dez. 2017.

IQBAL, N.; UMAR, S.; KHAN, N. A.; KHAN, M. R. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, Holanda, v. 100, n. 1, p. 34-42, abr. 2014. Disponível em: <https://docslide.net/documents/a-new-perspective-of-phytohormones-in-salinity-tolerance-regulation-of-proline.html>. Acesso em: 23 ago. 2017.

JARENKOW, J. A.; BUDKE, J. C. Padrões florísticos e análise estrutural de remanescentes florestais com *Araucaria angustifolia* no Brasil. In: FONSECA, C. S. D., SOUZA, A. F., ZANCHET, A. M. L., DUTRA, T., BACKES, A. & GANADE, G. M. S. (Eds.). **Floresta com Araucária:** ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Ribeirão Preto: Holos. 2009. p.113-126.

JOSEPH, B.; JINI, D.; SUJATHA, S. Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. **Asian Journal of Crop Science**, Faisalabad, v. 2, n. 4, p. 226-235, jul./nov. 2010. Disponível em: <http://scialert.net/fulltext/?doi=ajcs.2010.226.235>. Acesso em: 13 set. 2017.

KABIRI, R.; FARAHDAKHSH, H.; NASIBI, F. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on black cumin (Nigella sativa) germination and seedling growth. **World Applied Sciences Journal**, Paquistão, v.18, n.4, p.520-527, set./jun. 2012. Disponível em: <https://www.idosi.org/wasj/wasj18(4)12/9.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

KAVI KISHOR P. B; SANGAM S; AMRUTHA R. N; SRI LAXMI P; NAIDU K. R; RAO K. R. S. S; RAO S; REDDY K. J; THERIAPPAN P; SREENIVASULU N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, v.88, n.3, p. 424-438, fev. 2005. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC543257/>. Acesso em 04 ago. 2017.

KHALED, F. E. M.; AHMED, H. E. G.; HAMDY, A. S.; SHIBAMOTO, T. Chemical Compositions and Antioxidant/Antimicrobial Activities of Various Samples Prepared from *Schinus terebinthifolius* Leaves Cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, United State. v.*57*, n. 12, p.5265-5270, may. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19462981> Acesso em: 24 jul. 2017.

KHAN, N.; SYEED, S.; MASOOD, A.; NAZAR, R.; IQBAL, N. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. **International Journal of Plant Biology,** Italia, v. 1, n. 1, p. 1-8, jan./out. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/41137234_Application_of_salicylic_acid_increases_contents_of_nutrients_and_antioxidative_metabolism_in_mungbean_and_alleviates_adverse_effects_of_salinity_stress>. Acesso em 11 nov. 2017.

KHAN, M. I. R.; IQBAL, N.; MASOOD, A.; KHAN, N. A. Variation in salt tolerance of wheat cultivars: role of glycinebetaine and ethylene**. Pedosphere**, v. 22, n. 6, p. 746–754, dec. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016012600605>. Acesso em: 24 out. 2017.

KHAN, M. I. R.; IQBAL. N.; MASOOD, A.; PER, T. S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. **Plant Signaling & Behavior,** Estados Unidos, v. 8, n. 11, p. 237-246, dez./set. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4091357/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

KHAN, M. I. R.; ASGHER, M.; KHAN, N. A. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Plant Signaling & Behavior**, Estados Unidos, v. 80, p. 67–74, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942814001144>. Acesso em 23 ago. 2017.

KUMAR, D. Salicylic acid signaling in disease resistance. **Plant Science**, Nova York, v. 228, n. 228, p. 127–124, nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016894521400096X>. Acesso em 20 jun. 2017.

LELES, P. S. S.; LISBOA, A. C.; NETO, S. N. O.; GRUGIKI, M. A.; FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em tubetes de diferentes dimensões. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 13, n. 1, p. 69-78, jun./mar. 2006. Disponível em:< http://www.floram.org/files/v13n1/v13n1a9.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2017.

LIU, X.; MENG, F. X.; ZHANG, S. Q.; LOU, C. H. Ca^{2+} is involved in the signal transduction during stomatal movement induced by salicylic acid in *Vicia faba*. **Journal of Plant Physiology and Molecular Biology**, China, v. 29, n. 1, p. 59–64, jan. 2003. Disponível em: <http://europepmc.org/abstract/cba/539319>. Acesso em: 11nov. 2017.

LOPEZ, F. B.; CHAUHAN, Y.S.; JOHANSEN, C. Effects of timing of drought stress on leaf area development an canopy light interception of short-duration pigeonpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, California, v. 178, n. 1, p. 1-7, set./jul. 2008. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/12104747.pdf>. Acesso em: 11nov. 2017.

LUO ,Y.; SU, Z.; BI, T.; CUI, X.; LAN, Q. Salicylic acid improves chilling tolerance by affecting antioxidant enzymes and osmoregulators in sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 357–363, set./jul. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40415-014-0067-0>. Acesso em 04 dez. 2017.

MARIJUAN, M.P.; BOSCH, S.M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, n. 12, p. 660-666, dez./set. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24001766>. Acesso em:10 out. 2017.

MISRA N., MISRA R. Salicylic acid changes plant growth parameters and proline metabolism in *Rauwolfia serpentina* leaves grown under salinity stress. **American-Eurasian Journal Of Agricultural & Environmental Sciences,** v. 12, n. 12, p. 1601-1609, jul./nov. 2012. 121601–1609. Disponível em: <https://www.idosi.org/aejaes/jaes12(12)12/11.pdf>. Acesso em 23 ago. 2017.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers Plant Science**, United States, v. 5, n. 4, p. 1-19, jan. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3899523/>. Acesso em 6 ago. 2017.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. dos. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesq. agropec. bras.,** Brasília, v.49, n.1, p.18-25, jan. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v49n1/0100-204X-pab-49-01-00018.pdf>. Acesso em 23 dez. 2017.

MOURA, A. R. de. NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, J. A. da.; LIMA, T. V. de. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 345-354, abr./jun., 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/22735/13419>. Acesso em 23 nov. 2017.

NAZAR, R.; IQBAL, N.; SYEED, S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. **Journal of Plant Physiology**, Netherlands, v. 15, n. 168, p. 807–815, mai./nov. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21112120>. Acesso em: 23 nov. 2017.

NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAN, N.; SAREER, O. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. **South African Journal of Botany**, v. 98, p. 84–94, mai. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915000277>. Acesso em: 23 nov. 2017.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Campinas, São Paulo, v. 13, p. 75-87, set./mai. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfv/v13n1/9275.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

PÁL, M.; KOVÁCS, V.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; MA, X.; LIU, H.; MEI, H.; JANDA, T. Salicilic acid and abiotic stress responses in rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 200, n. 1, p.1-11, ago./fev 2014. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jac.12037/abstract?userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage>. Acesso em: 23 jul. 2017.

PEOPLES, M. B., FAIZAH, A. W., REAKASEM, B. E HERRIDGE, D. F. Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. **Australian Centre for International Agricultural Research Canberra**, Canberra, Austrália, p. 76. 1989. Disponível em: <http://aciar.gov.au/publication/mn011>. Acesso em: 23 jul. 2017.

RIVAS-SAN, V. M.; PLASENCIA J. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. **Journal of Experimental Botany,** Oxford, USA, v. 62, n. 10, p.3321–3338. jun./fev. 2011. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/50226869_Salicylic_acid_beyond_defence_Its_role_in_plant_growth_and_development>. Acesso em: 20 jun. 2017.

RODRIGUES, S.B.S.; MANTOVANI, E.C.; OLIVEIRA; R.A.; PAIVA, H.N.; ALVES, M.E.B. Necessidades hídricas de mudas de Eucalipto na Região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga,** Botucatu, SP**,** v. 16, n. 2, p. 212-223, abr./jun. 2011. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/viewFile/204/119>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SÁNCHEZ, G. R; MERCADO, E.C; PEÑA, E. B; CRUZ, H.R; PINEDA, E.G. El acido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. **Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias,** México, v. 12, n.2, p. 90-95, Dez. 2010. Disponível em: <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/view/83/83>. Acesso em 23 jan. 2018.

SAKURAGUI, C. M.; STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B. Meliaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013. 180p.

SARKER, B. C.; HARA, M.; UEMURA, M. Proline synthesis, physiological responses and Biomas yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Scentia Horticulturae, Porto, Portugal, v. 103, n. 4, p. 387-402, fev. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442380400192X>. Acesso em: 23 nov. 2017.

SCHONFELD, M. A.; JOHNSON, R. C.; CARVER, B. F.; MORNHINWEG, D. W. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. **Crop Science,** v. 28, n. 3, p. 526-531, jul. 1987. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/28/3/CS0280030526 >. Acesso em 23 ago. 2017.

SHARAFIZAD, M.; NADERI, A.; SIADAT, S. A.; SAKINEJAD, T.; LAK, S. Effect of salicylic acid pretreatment on germination of wheat under drought stress. **Journal of Agricultural Science**, Reino Unido, v.5, n.3, p.179-199, nov./dez. 2013. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/24874/15516>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 162, n. 8, p. 854-864, ago. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S017616170400241X>. Acesso em: 23 ago. 2017.

SHARNER, D. L.; BOYER, J. S. Nitrate reductase activity in maize (Zea mays L.) leaves. I. Regulation by nitrate flux. **Plant Physiology**, Maryland, Estados Unidos, v. 58, n. 4, p. 499-504, out. 1976. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC543257/>. Acesso em 04 ago. 2017.

SILVA, R. T. L. da.; OLIVEIRA NETO, C. F. de.; BARBOSA, R. R. do. N.; COSTA, R. C. L. da.; CONCEIÇÃO, H. E. O. da. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. **Nucleus,** Ituverava, São Paulo, v.9, n.2, p. 113-120, jun./ out. 2012. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/779/956>. Acesso em: 24 nov. 2017.

SLAVICK, B. Methods of studying plant water relations. Nova York, Springer Verlang. p. 449. Jul. 1979. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/44480460_Methods_of_Studying_Plant_Water_Relation>. Acesso em 20 ago. 2017.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. Ciência Agrotécnica, Lavras, v.24, n.4, p.905-916, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362010000300004>. Acesso 02 dez. 2017.

SOUZA, R. C. PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, R. R.; SILVA, E. M. R. da. MENEZES, L. F. T. Produção de mudas micorrizadas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. Em diferentes substratos. **Revista Floresta**, Curitiba, PR. v. 39, n. 1 p. 197-206, jan./jun. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228914193_PRODUCAO_DE_MUDAS_MICORRIZADAS_DE_Schinus_terebinthifolius_Raddi_EM_DIFERENTES_SUBSTRATOS>. Acesso em: 23 jul. 2017.

SUBBARÃO, G. V. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water stress. **Journal of Plant Physiology,** Jena. Alemanha, v. 157, n. 6, p. 651-659, dez. 2000. Disponível em: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/5245/1/IJEB%2045(3)%20261-267.pdf>. Acesso em 02 dez. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Estresse abiótico. In: _____. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed. cap. 24, 2017, p.731-759.

TONELLO, K.C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga,** Botucatu, SP, v.17, n.1, p.58-101, jan./mar. 2012. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/viewFile/389/210>. Acesso em: 24 jul. 2017.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei**, Roma, v.19, n.4, p.325-346, dez. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12210-008-0022-8>. Acesso em: 23 ago. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12210-008-0022-8>. Acesso em 23 ago. 2017.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, v. 22, p. 280-283, feb. 1968. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003269768903175>. Acesso em 11 ago. 2017.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, Viena, v.3 5, n. 4, p. 753-759, nov. abr. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442380400192X>. Acesso em: 23 nov. 2017.

WANG, L. J.; FAN, L.; LOESCHER,W.; DUAN,W.; LIU, G. J.; CHENG, J. S. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. **BMC Plant Biology**, v. 10, p. 34–40, fev. 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20178597>. Acesso em: 24 set. 2017.

WEATHERBURN, M. W. Phenol hipochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, Estados Unidos, v. 39, p. 971-974, jul. 1967. Disponível em: < http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60252a045?journalCode=ancham>. Acesso em: 10 ago. 2017.

WITTEK, F.; KANAWATI, B.; WENIG, M.; HOFFMANN, T.; FRANZ-OBERDORF, K.; SCHWAB, W.; VLOT, A. C. Folic acid induces salicylic acid-dependent immunity in Arabidopsis and enhances susceptibility to *Alternaria brassicicola*. **Molecular Plant Pathology**, v. 16, n. 6, p. 616-622, ago./dez. 2015. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mpp.12216/full>. Acesso em: 23 jul. 2017.

YUAN, S.; LIN, H. H. Role of salicylic acid in plant abiotic stress. **Z Naturforsch C**, Alemanha, v. 63, n. 5, p. 313-320, mai./jun. 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18669013>. Acesso 02 nov. 2017.

ZHANG Y., XU S., YANG S., CHEN Y. Salicylic acid alleviates cadmium-induced inhibition of growth and photosynthesis through upregulating antioxidant defense system in two melon cultivars (*Cucumis melo* L.). **Protoplasma**, Alemanha, v. 252, n. 3, p. 911–924. mai./nov. 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25398649>. Acesso em: 10 nov. 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do ácido salicílico por oito semanas em plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* e *Cedrela fissilis* promoveu alterações ao nível celular, fisiológico, morfológico e morfométricos como foi observado pelos resultados obtidos, alterando parâmetros de qualidade de interesse para o estabelecimento de mudas a campo.

Os efeitos da aplicação do fitoregulador foram diversos e dependentes da espécie, doses do indutor, condições edáficas, climáticas, sanidade, fase de desenvolvimento das mudas, além dos fatores genéticos. Porém observa-se que o ácido salicílico induziu respostas peculiares que estão ligadas a defesa das plantas, atenuando os efeitos da suspensão hídrica por meio da regulação osmótica.

Por isso, é imprescindível que estudos sejam realizados a fim de quantificar quais as doses mais indicadas, período de exposição aos tratamentos, época de aplicação e características a serem moduladas para simular de forma mais precisa o que ocorre naturalmente nos vegetais, pois quando a planta enfrenta qualquer condição adversa, a síntese desses compostos, que já ocorre gradativamente tem seus teores incrementados, porém em baixas concentrações com o objetivo de minimizar as perdas e não prejudicar o contínuo existente nesses seres.

Interessante destacar e conhecer que a aplicação de ácido salicílico, inevitavelmente irá gerar um estresse nas plantas, a fim de torna-las mais aclimatadas para as condições que serão submetidas ao serem levadas ao campo e que o grande objetivo do uso de indutores é delimitar a linha tênue entre a dose que será benéfica ao desenvolvimento dos vegetais e aquela que irá modificar negativamente e irreversivelmente características importantes, ou seja, conhecer a partir do uso de reguladores quais características morfológicas e fisiológicas que serão modificadas e de que maneira irão alterar a qualidade das mudas.